УДК 697.942.4
DOI: 10.17277/vestnik.2026.03.pp.462-471

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ СОПЛА В УСТРОЙСТВЕ ПНЕВМОИМПУЛЬСНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ

© А. С. Ткаченко[1], С. Ю. Панов[2], М. Химвинга[3], Е. А. Шипилова[4] ✉

[1] *ООО «Аспекс Машиностроительная Компания», Москва, Российская Федерация;*
[2] *кафедра прикладной математики и механики, ФГБОУ ВО «ВГТУ», Воронеж, Российская Федерация;*
[3] *кафедра экологической инженерии, Коппербелтский Университет, Китве, Замбия;*
[4] *кафедра математики, elen_ship@list.ru;*
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация

Ключевые слова: пневмоимпульсная очистка; расположение сопла; рукавные фильтры.

Аннотация: Рассмотрена задача определения оптимального расположения сопла над горловиной рукавного фильтра при проектировании и эксплуатации пневмоимпульсной регенерации. Проведено сравнение данных по расположению сопла, рассчитанных по известным математическим зависимостям с характеристиками эффективно работающих систем регенерации промышленных рукавных фильтров. Показано, что математические зависимости корректно описывают частные случаи конструктивных решений устройств пневмоимпульсной очистки фильтровальных элементов.

Введение

В настоящее время активно увеличивается доля применения рукавных фильтров с импульсной продувкой для высокоэффективного обеспыливания аспирационных и технологических выбросов в разных отраслях промышленности [1 – 4]. Фильтровальные элементы обычно выполняют либо цилиндрическими рукавами, натянутыми на металлический каркас, либо в форме картриджей со складчатой структурой фильтровальной ткани.

В процессе эксплуатации фильтровальные элементы накапливают уловленную пыль, увеличивая гидравлическое сопротивление, что приводит к снижению эффективности и нестабильной работе оборудования, неспособности поддерживать параметры аспирационных систем. Соответственно вопрос надежности работы системы регенерации является очень важным при эксплуатации рукавных фильтров. При импульсной струйной очистке обратный поток чистого сжатого воздуха выдувает пыль с поверхности каждого рукава, восстанавливая его пропускную способность. При этом окружающий воздух захватывается струйным потоком, выходящим из инжекционного сопла (из-за напряжения сдвига на границе струйного потока), прежде чем направиться внутрь фильтрующего элемента. Актуальной задачей автоматического управления данным процессом является выбор оптимальных конструктивных и эксплуатационных параметров.

Теоретический анализ проблемы

Один из важных параметров импульсной очистки – расстояние струи – обычно определяется как расстояние между выходным отверстием инжекционного сопла и отверстием фильтрующих элементов (рис. 1).

Если сопло расположено слишком близко к отверстию фильтрующего элемента, у струйного потока меньше шансов захватить окружающий воздух, и он даже может захватывать воздушный поток, проходящий через фильтрующие элементы, что противоположно направлению потока очистки. В результате через фильтрующий материал проникает запыленный воздух. В течение нескольких циклов регенерации вокруг верхней части фильтровального элемента образуется слой осадка [5], что повышает вероятность выхода фильтра из строя.

Оптимальное расстояние определяют, строя график зависимости минимального давления, создаваемого соплом, от расстояния между соплом и открытым краем фильтровального элемента [6]. Точка, в которой эта линия пересекается с осью горловины фильтровального элемента, соответствует оптимальному расстоянию от сопла до свечи (см. рис. 1).

Если сопло расположено слишком далеко от отверстия фильтрующего элемента, потенциал очистки может быть уменьшен, поскольку чрезмерное расширение струи может привести к тому, что не вся струя попадет в фильтрующий элемент [6]. Когда расстояние между импульсными струями составляет 150…250 мм, пиковое давление повышается с увеличением расстояния между импульсными струями и остается примерно таким же, если расстояние между импульсными струями составляет 250…300 мм [7].

Считается, что сопротивление пылевого слоя минимально, когда сопло расположено на оптимальном расстоянии от отверстия фильтрующего элемента [8].

Модель для расчета оптимального расстояния S (рис. 1), полученная с помощью теории струй, которая применялась в исследованиях [9 – 12], выражается уравнением, приведенным в справочнике [13]:

$$S = \frac{(D - d_c)}{2\mathrm{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \tag{1}$$

где D и d_c – диаметры отверстия фильтрующего элемента и выхода инжекционного сопла соответственно; $\alpha \approx 20°$ – угол струи для отношения $S/d_c < 100$.

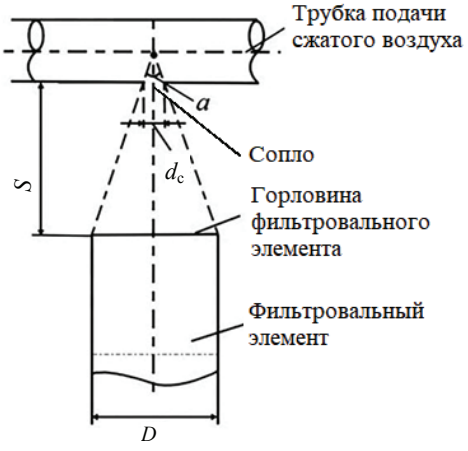


Рис. 1. Схема струйного аппарата системы пневмоимпульсной регенерации

Таблица 1

Зависимости для определения оптимального расстояния от сопла до горловины фильтра

Зависимость	Примечание	Источник
$S = (4...4{,}5)(D - d_c)$ (2)	–	[14]
$S = (3{,}6...4{,}1)(D - d_c)$ (3)		[15]
$S = (D - 48)/0{,}353$ (4)		[16], [17]
$S = (D - d_c)/6{,}8a$ (5)	$a = 0{,}076$ – коэффициент турбулентности	[12]
$S = (D - d_c)\Big/ 2\mathrm{tg}\frac{22{,}43 - 0{,}87d_c + 0{,}11d_c^2}{2}$ (6)	$d_c = 4…25$ мм; $\alpha = 20{,}71…69{,}43°$	[11]
$S = (D - d_c)\Big/ 2\mathrm{tg}\frac{0{,}37275d_c^2 - 1{,}33545d_c + 35{,}95005}{2}$ (7)	$d_c = 5…8$ мм $\alpha = 38{,}58…49{,}13°$	[18]
$S = (D - d_c)\Big/ 2\mathrm{tg}\frac{0{,}089d_c^2 + 0{,}2621d_c + 19{,}586}{2}$;	$D_н/D$: 320/240 мм	[8]
$S = (D - d_c)\Big/ 2\mathrm{tg}\frac{0{,}0699d_c^2 + 0{,}4801d_c + 19{,}093}{2}$;	260/170 мм	
(8)		
$S = (D - d_c)\Big/ 2\mathrm{tg}\frac{0{,}1531d_c^2 + 1{,}179d_c + 26{,}767}{2}$;	240/130 мм	
$S = (D - d_c)\Big/ 2\mathrm{tg}\frac{0{,}1379d_c^2 + 0{,}6593d_c + 24{,}424}{2}$	180/90 мм	

Ряд авторов на основе экспериментальных исследований получили зависимости для определения оптимального расстояния от сопла до горловины фильтра (табл. 1).

Расстояние от среза сопла до смесительной камеры эжектора может быть определено на основании опытных данных из выражения (2) [14]. Исследователи [15] по экспериментальным данным этот же параметр оценивают зависимостью (3). В работе [16] расстояние струи S рассчитано с помощью экспериментальной формулы (4). Данная формула также рекомендуется специалистами компании GOYEN и приводится в их рекламных проспектах [17]. При применении в качестве эжектирующей насадки труб Вентури оригинальной конструкции специалистами компании GOYEN рекомендуется расстояние от отверстия в трубе до горловины насадки 100 мм для трубы диаметром 5 дюймов и 160 мм для трубы 6 дюймов, что приводится в их рекламных проспектах.

Чтобы выявить механизм формирования эффекта очистки импульсно-струйным потоком воздуха в рукавном фильтре, построена теоретическая модель (5) с использованием теории газовой струи и одномерного адиабатического потока в соответствии с заданными характеристиками и размерами рукавов, а также характеристиками сопротивления ткани и пылевого слоя [12].

Для разработки теоретических рекомендаций по проектированию импульсно-струйной регенерации картриджных фильтров исследована оптимальная взаимосвязь расстояния между соплом и отверстием картриджа и диаметром сопла с использованием пикового импульсного давления в качестве показателя эффективности очистки. Их взаимосвязь была проанализирована с точки зрения гидродинамики. Показано, что оптимальное расстояние между струями постепенно увеличивается с уменьшением диаметра сопла, предложена математическая зависимость (6) для оптимизации расстояния между струями S и диаметра сопла [11].

В работе [18] изучены характеристики очистки спеченных пластиковых фильтров при различных параметрах импульсно-струйной очистки: давлении в резервуаре, диаметре сопла и расстоянии до струи (расстоянии между соплом и отверстием фильтра). С увеличением расстояния до струи пиковое давление сначала возрастало, а затем уменьшалось, а с увеличением диаметра сопла оптимальное расстояние до струи постепенно уменьшалось. Математическая зависимость (7) получена в результате подбора кривой.

Влияние диаметра инжекционного отверстия, количества инжекционных отверстий, расстояния до струи и давления в резервуаре на импульсно-струйную очистку изучалось путем измерения статического давления на внутренней стенке картриджа. Это также позволило оптимизировать расстояние до струи, соотношение диаметров отверстий, диаметр инжекционного отверстия и внутренний объем картриджа [8].

Использовались четыре типа картриджей: три с соотношением внешнего $D_н$ и внутреннего D диаметров 320/240 мм, четыре – 260/170 мм, пять – 210/130 мм, шесть – 180/90 мм. Длина всех картриджей – 660 мм. Уравнения, связывающее оптимальное расстояние между струями и диаметр инжекционного отверстия, имеют вид (8). Предпочтительно, чтобы соотношение D/S устройства для сбора пыли, которое определяется диаметром D верхнего отверстия гофрированного фильтра и расстоянием между верхней поверхностью гофрированного фильтра и выпускным отверстием сопла, соответствовало оптимальному соотношению (D/S в диапазоне 0,4…0,5) [19].

Кроме того, в литературе представлено много данных об экспериментальном определении оптимального расстояния от сопла до горловины рукавного фильтра в диапазоне 200…250 мм.

Сравнение теоретических и экспериментальных данных

Анализ приведенных уравнений показывает, что расстояние от сопла до горловины фильтровального элемента является функцией разности диаметров горловины и сопла

$$S = f(D - d_с). \tag{9}$$

Если в фильтровальном рукаве установлена эжектирующая насадка в виде трубки Вентури, то за характерный размер диаметра принимается диаметр смесительной камеры эжектора. Если насадки не устанавливаются, то в качестве характерного принимается диаметр входного отверстия фильтровального элемента, например для рукавного элемента – диаметр рукава.

Проведена интерпретация сравнения расчетных данных, полученных по уравнениям, приведенным в табл. 1, с характеристиками эффективно работающих фильтровальных установок реальных производств, как это показано на рис. 2, 3.

Данные, приведенные на рис. 2, показывают наиболее приближенное совпадение данных промышленный систем с расчетами по формулам (4) и (5) в областях картриджных фильтров малых диаметров (область I) и рукавных фильтров (область II).

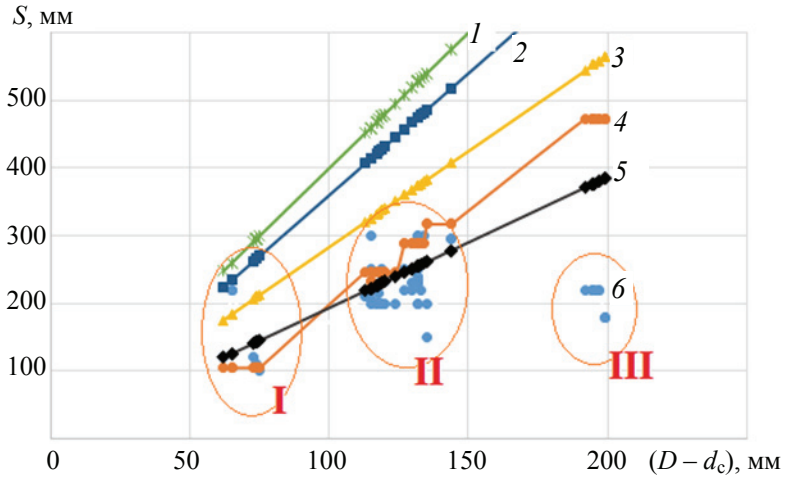


Рис. 2. Зависимости $S = f(D - d_c)$, рассчитанные по формулам:
1 – (2); *2* – (3); *3* – (1); *4* – (4); *5* – (5);
6 – эксплуатационные данные реальных фильтровальных систем

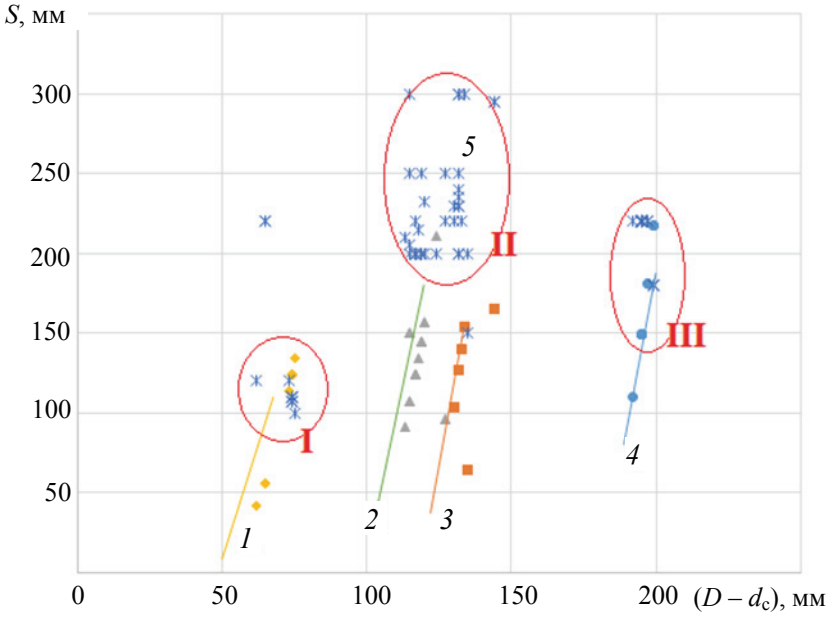
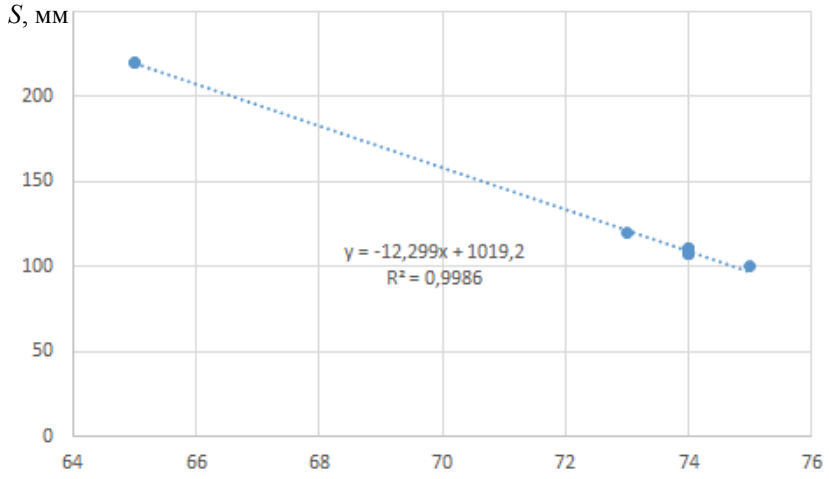


Рис. 3. Зависимости $S = f(D - d_c)$ в сравнении с расчетом по уравнению (8) для фильтровального элемента $D_н/D$:
1 – 320/240 мм; *2* – 260/170 мм; *3* – 210/130 мм; *4* – 180/90 мм;
5 – эксплуатационные данные реальных фильтровальных систем

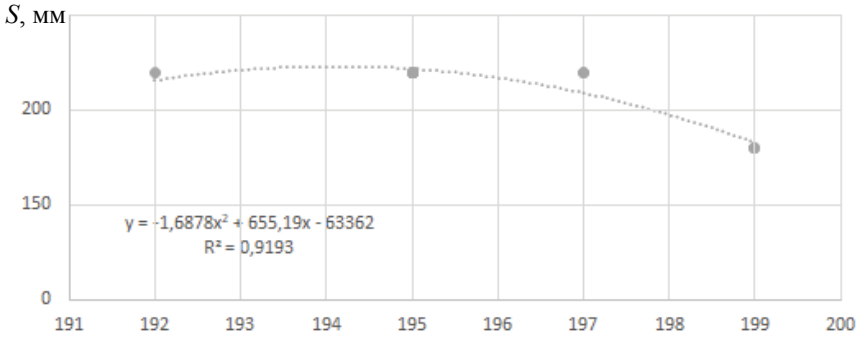
Данные сравнения параметров промышленных систем с расчетом по формулам (8), приведенные на рис. 3, показывают неплохую сходимость в областях картриджных фильтров малых диаметров (область I) и картриджных фильтров больших диаметров (область III).

Проведем корреляционный анализ данных работающих пневмоимпульсных систем регенерации по отдельным группам фильтровальных элементов зависимостями вида (9) (рис. 4).



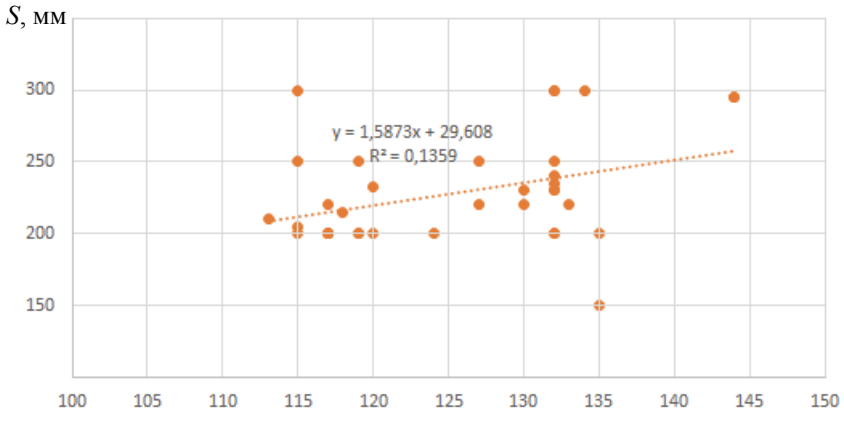
$D - d_c$, мм

а)



$D - d_c$, мм

б)



$D - d_c$, мм

в)

Рис. 4. Зависимости $S = f(D - d_c)$ для фильтровальных элементов картриджных с малым (*а*) и большим (*б*) диаметрами, рукавных (*в*)

Для картриджных фильтров малых диаметров (180 мм) получается корреляционная зависимость с сильной связью и строгой отрицательной корреляцией (r = –0,999). Уравнение линейной регрессии будет иметь наибольшую аппроксимацию R^2 = 0,99 (рис. 4, *а*)

$$S = 1019{,}2 - 12{,}299(D - d_{\text{c}}). \quad (10)$$

Аналогично для картриджей большого диаметра (325 мм) корреляционная зависимость с сильной связью и строгой отрицательной корреляцией (r = –0,83). Уравнение регрессии полинома второй степени имеет высокую аппроксимацию R^2 = 0,919 (рис. 4, *б*)

$$S = -1{,}6878(D - d_{\text{c}})^2 + 655{,}19(D - d_{\text{c}}) - 63362. \quad (11)$$

Исследуемая зависимость для рукавных фильтров (рис. 4, *в*) показывает слабую корреляцию (r = 0,368) и практически несущественную регрессию. Для хорошей аппроксимации требуется определение влияния и других факторов.

При этом следует отметить, что большинство значений находятся в ранее отмеченном оптимальном диапазоне 200…250 мм.

Заключение

Рассмотренные математические зависимости корректно описывают частные случаи конструктивных решений устройств пневмоимпульсной очистки фильтровальных элементов и, соответственно, не могут претендовать на универсальность. Данные зависимости могут быть использованы для предварительного проектирования систем регенерации. Кроме того, почти все исследования были сосредоточены на изучении влияния одного рабочего параметра импульсно-струйного устройства, такого как расстояние между струями и фильтровальным элементом, на эффективную эксплуатацию рукавного/картриджного фильтра. При этом требуется дальнейший анализ и обсуждение взаимодействия параметров, например взаимосвязи между расстоянием между струями и диаметром сопла, диаметром коллектора и начальным давлением в резервуаре и т.д.

Список литературы

1. Старк, С. Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии = Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве : учебник для вузов / С. Б. Старк. – Москва : Металлургия, 1977. – 328 с.

2. Очистка технологических и неорганизованных выбросов от пыли в черной металлургии / А. И. Толочко, О. В. Филипьев, В. И. Славин, В. С. Гурьев. – Москва : Металлургия, 1986. – 206 с.

3. Обеспыливание промышленных газов в огнеупорном производстве / Ю. В. Красовицкий, П. Б. Балтренас, В. Н. Энтин, Н. М. Анжеуров, В. Ф. Бабкин. – Вильнюс : Техника, 1996. – 363 с.

4. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по «сухому» способу : монография / В. А. Горемыкин, Ю. В. Красовицкий, С. Ю. Панов, А. В. Логинов. – Воронеж : Изд-во Воронежского государственного университета, 2001. – 296 с.

5. Stephen, C. M. Conditioning and pulse-cleaning of rigid ceramic filters / C. M. Stephen, S. K. Granell, J. P. K. Seville // High Temperature Gas Cleaning. – Institut fur mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik der Unversitat Karlsruhe (TH), 1996. – P. 207–218.

6. Granell, S. K. Effect of venturi inserts on pulse cleaning of rigid ceramic filters / S. K. Granell, J. P. K. Seville // High Temperature Gas Cleaning. – 1999. – Vol. 2. – P. 96–110.

7. Discussion on influencing factors of the pulse-jet performance of fabric filter / Dang Xiao-qing, Pang Min, Li Xin, Zhang Jing, Li Qian // International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE'2011). – 2011. – P. 1167–1170. doi: 10.1109/ICETCE.2011.5776073

8. Suh, Jeong Min. Influence of pulsing-air injection distance on pressure drop in a coke dust bagfilter / Jeong Min Suh, Young Il Lim, John Zhu // Korean Journal of Chemical Engineering. – 2010. – Vol. 28, No. 2. – P. 613–619. doi: 10.1007/s11814-010-0372-7

9. Schildermans, I. Pulse jet cleaning of rigid filters: a literature review and introduction to process modeling / I. Schildermans, J. Baeyens, K. Smolders // Filtration + Separation. – 2004. – Vol. 41, No. 5. – P. 26–33. doi: 10.1016/S0015-1882(04)00234-4

10. Influence of injection pipe characteristics on pulse-jet cleaning uniformity in a pleated cartridge filter / Shihang Li, Fubao Zhou, Biao Xie, Fei Wang // Powder Technology. – 2018. – No. 328. – P. 264–274. doi: 10.1016/j.powtec.2018.01.013

11. The optimized relationship between jet distance and nozzle diameter of a pulse-jet cartridge filter / Yunlou Qian, Yuanxia Bi, Qing Zhang, Haiyan Chen // Powder Technology. – 2014. – No. 266. – P. 191–195. doi: 10.1016/j.powtec. 2014.06.004

12. On the Forming Mechanism of the Cleaning Airflow of Pulse-Jet Fabric Filters / Cai Jiying, Hao Wenge, Zhang Cong, Yu Jiaqi // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2017. – Vol. 67, No. 1. – P. 1273–1287. doi: 10.1080/10962247.2017.1311967

13. Perry, R. H. Perry's Chemical Engineers' Handbook / R. H. Perry, D. W. Green. – 6th Edition. – New York : McGraw Hill, 1997. – P. 5–22.

14. Мазус, М. Г. Фильтры для улавливания промышленных пылей / М. Г. Мазус, А. Д. Мальгин, М. Л. Моргулис. – Москва : Машиностроение, 1985. – 240 с.

15. Тукманов, Ю. Н. Технология регенерации металлокерамических фильтров / Ю. Н. Тукманов // Новая техника и технология. – 2003. – С. 664–672.

16. Zhang, D. Y. Pulse-jet Fabric Collector's Handbook / D. Y. Zhang, C. Wang. – Chemical Industry Press, 2011. – 634 p.

17. Blowtube Nozzles and Cartridge Cleaning Cones: Goyen GOCO Series. Product Leaflet. – 2017. – URL : https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/hEUFmYNhw/Document/NOZZLES.pdf?v=202012190947 (дата обращения: 25.08.2026).

18. The relationship between peak pressure and parameters of pulse-jet cleaning in a sintered plastic filter / Mei Huang, Cuiping Yan, Chunhong He, Cuiying Tang, Fei Yang, Peng Li // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2021. – Vol. 71, No. 9. – P. 1055–1066. doi: 10.1080/10962247.2020.1860157

19. US8062396B2H. Apparatus for collecting dust and a pleated-type filter therefor / Amano, H. Ikeno, T. Suzuki, H. Watanabe. – Google Patents, 2011. – 19 p.

Determining the Optimal Nozzle Position Pulse-Jet Cleaning Systems for Bag Filters

© A. S. Tkachenko[1], S. Yu. Panov[2], M. Himwinga[3], E. A. Shipilova[4] ✉

[1] *Aspex Machine-Building Company LLC, Moscow, Russian Federation;*
[2] *Department of Applied Mathematics and Mechanics, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation;*
[3] *Department of Environmental Engineering, Copperbelt University, Kitwe, Zambia;*
[4] *Department of Mathematics, elen_ship@list.ru; Air Force Academy named Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Voronezh, Russian Federation*

Keywords: bag filters; pulse-jet cleaning; nozzle position.

Abstract: The paper addresses the problem of determining the optimal nozzle position above the bag filter throat during the design and operation of pulse-jet regeneration systems. Nozzle position data calculated using established mathematical relationships are compared with the operating parameters of effectively functioning industrial bag-filter regeneration systems. The results show that mathematical relationships adequately describe specific design configurations of pulse-jet cleaning systems for filter elements.

References

1. Stark S.B. *Pyleulavlivaniye i ochistka gazov v metallurgii = Gazoochistnyye apparaty i ustanovki v metallurgicheskom proizvodstve: uchebnik dlya vuzov* [Dust Collection and Gas Purification in Metallurgy = Gas Cleaning Apparatus and Installations in Metallurgical Production: A Textbook for Universities], Moscow: Metallurgiya, 1977, 328 p. (In Russ.)

2. Tolochko A.I., Filip'yev O.V., Slavin V.I., Gur'yev B.C. *Ochistka tekhnologicheskikh i neorganizovannykh vybrosov ot pyli v chernoy metallurgii* [Cleaning Process and Fugitive Emissions from Dust in the Ferrous Metallurgy], Moscow: Metallurgiya, 1986, 206 p. (In Russ.)

3. Krasovitskiy Yu.V., Baltrenas P.B., Entin V.N., Anzheurov N.M., Babkin V.F. *Obespylivaniye promyshlennykh gazov v ogneupornom proizvodstve* [Dedusting Industrial Gases in Refractory Production], Vil'nyus: Tekhnika, 1996, 363 p. (In Russ.)

4. Goremykin V.A., Krasovitskiy Yu.V., Panov S.Yu., Loginov A.V. *Energosberegayushcheye pyleulavlivaniye pri proizvodstve keramicheskikh pigmentov po "sukhomu" sposobu: monografiya* [Energy-saving dust collection in the production of ceramic pigments using the "dry" method: monograph], Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2001, 296 p. (In Russ.)

5. Stephen C.M., Granell S.K., Seville J.P.K. Conditioning and pulse-cleaning of rigid ceramic filters, *High Temperature Gas Cleaning*, Institut fur mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik der Unversitat Karlsruhe (TH), 1996, pp. 207-218.

6. Granell S.K., Seville J.P.K. Effect of venturi inserts on pulse cleaning of rigid ceramic filters, *High Temperature Gas Cleaning*, 1999, vol. 2, pp. 96-110.

7. Dang Xiao-qing, Pang Min, Li Xin, Zhang Jing, Li Qian. Discussion on influencing factors of the pulse-jet performance of fabric filter, *International Conference on Electric Technology and Civil Engineering* (ICETCE'2011), 2011, pp. 1167-1170. doi: 10.1109/ICETCE.2011.5776073

8. Jeong Min Suh, Young Il Lim, John Zhu. Influence of pulsing-air injection distance on pressure drop in a coke dust bagfilter, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 2010, vol. 28, no. 2, pp. 613-619. doi: 10.1007/s11814-010-0372-7

9. Schildermans I., Baeyens J., Smolders K. Pulse jet cleaning of rigid filters: a literature review and introduction to process modeling, *Filtration + Separation*, 2004, vol. 41, no. 5, pp. 26-33. doi: 10.1016/S0015-1882(04)00234-4

10. Shihang Li, Fubao Zhou, Biao Xie, Fei Wang. Influence of injection pipe characteristics on pulse-jet cleaning uniformity in a pleated cartridge filter, *Powder Technology*, 2018, no. 328, pp. 264-274. doi: 10.1016/j.powtec.2018.01.013

11. Yunlou Qian, Yuanxia Bi, Qing Zhang, Haiyan Chen. The optimized relationship between jet distance and nozzle diameter of a pulse-jet cartridge filter, *Powder Technology*, 2014, no. 266, pp. 191-195. doi: 10.1016/j.powtec.2014.06.004

12. Cai Jiying, Hao Wenge, Zhang Cong, Yu Jiaqi. On the Forming Mechanism of the Cleaning Airflow of Pulse-Jet Fabric Filters, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2017, vol. 67, no. 1, pp. 1273-1287. doi: 10.1080/10962247.2017.1311967

13. Perry R.H., Green D.W. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th Edition, New York: McGraw Hill, 1997, pp. 5-22.

14. Mazus M.G., Mal'gin A.D., Morgulis M.L. *Fil'try dlya ulavlivaniya promyshlennykh pyley* [Filters for capturing industrial dusts], Moscow: Mashinostroyeniye, 1985, 240 p. (In Russ.)
15. Tukmanov Yu.N. [Regeneration technology of metal-ceramic filters], *Novaya tekhnika i tekhnologiya* [New equipment and technology], 2003, pp. 664-672. (In Russ.)
16. Zhang D.Y., Wang C. *Pulse-jet Fabric Collector's Handbook*, Chemical Industry Press, 2011, 634 p.
17. Blowtube Nozzles and Cartridge Cleaning Cones: Goyen GOCO Series. Product Leaflet, 2017, available at: https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/hEUFmYNhw/Document/NOZZLES.pdf?v=202012190947 (accessed 25 August 2026).
18. Mei Huang, Cuiping Yan, Chunhong He, Cuiying Tang, Fei Yang, Peng Li. The relationship between peak pressure and parameters of pulse-jet cleaning in a sintered plastic filter, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2021, vol. 71, no. 9, pp. 1055-1066. doi: 10.1080/10962247.2020.1860157
19. US8062396B2H. Apparatus for collecting dust and a pleated-type filter therefor / Amano, H. Ikeno, T. Suzuki, H. Watanabe. Google Patents, 2011.

Bestimmung der optimalen Düsenposition in einer Vorrichtung zur Pneumoimpulsregeneration für Korbfilter

Zusammenfassung: Diese Arbeit untersucht die Bestimmung der optimalen Düsenposition oberhalb des Filterhalses des Schlauchfilters bei der Auslegung und dem Betrieb des pneumatischen Impulsregenerationssystems. Die mithilfe bekannter mathematischer Beziehungen berechneten Düsenpositionsdaten sind mit den Kennlinien effizienter industrieller Schlauchfilterregenerationssysteme verglichen. Es ist gezeigt, dass die mathematischen Beziehungen spezifische Auslegungslösungen für die pneumatische Impulsreinigung von Filterelementen korrekt beschreiben.

Détermination de l'emplacement optimal de la buse dans le dispositif de régénération par l'impulsion pneumatique des filtres à air

Résumé: Est examinée la problématique de la détermination de l'emplacement optimal du noyau au-dessus du col du filtre-mains lors de la conception et de l'exploitation d'une régénération par impulsions pneumatiques. Est effectuée une comparaison des données sur l'emplacement du noyau, calculées selon des dépendances mathématiques connues, avec les caractéristiques de systèmes de régénération efficaces de filtres-mains industriels. Est démontré que les dépendances mathématiques décrivent correctement les cas particuliers des solutions constructives des dispositifs de nettoyage par impulsions pneumatiques des éléments filtrants.

Авторы: ***Ткаченко Артем Сергеевич*** – главный специалист ООО «Аспекс Машиностроительная Компания», Москва, Российская Федерация; ***Панов Сергей Юрьевич*** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Прикладной математики и механики», ФГБОУ ВО «ВГТУ», Воронеж, Российская Федерация; ***Химвинга Мвине*** – кандидат технических наук, преподаватель кафедры Экологической Инженерии, Коппербелтский Университет, Китве, Замбия; ***Шипилова Елена Алексеевна*** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математики, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация.