

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-36-46

*Тирон О.В., Логачев К.И.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

E-mail: tiron1997@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ ТЕЧЕНИЙ ВБЛИЗИ МЕСТНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОТСОСА ОТ СВЕРЛИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. В процессе сверления выделяется значительное количество пыли, негативно влияющей на чистоту и экологию окружающего пространства, а также здоровье человека. Для обеспыливания процесса сверления бетона стандартными дрелями предложена конструкция местного отсоса – насадка. В программном комплексе SolidWorks Flow Simulation создана компьютерная модель пылевоздушного потока в разработанной насадке. Численно исследована динамика пылевых частиц, образующихся в процессе сверления. Рассмотрено поведение пылевых частиц разных размеров. В качестве критерия эффективности улавливания пылевых частиц предложено использовать величину максимального диаметра пылевых частиц, полностью улавливаемых всасывающим каналом.

Рассмотрены три варианта расположения плоскости сверления: пол, потолок, вертикальная стена. Определены зависимости величины максимального диаметра частиц пыли от расхода отсасываемого воздуха, расстояния всасывающего канала на боковой поверхности насадка до места его примыкания к плоскости сверления, радиуса всасывающего канала. Полученные результаты могут найти применение для конструирования и совершенствования систем улавливания пылевых загрязнений, образующихся в процессе сверления. Сформулированные дальнейшие направления исследования полезны исследователям занятым выявлением процессов улавливания пылевых частиц от подвижного технологического оборудования.

Ключевые слова: обеспыливание, местный отсос, пылевые частицы, численное моделирование, сверление.

Введение. Среди экологических проблем промышленных и строительных отраслей значимой проблемой является разработка энергоэффективных систем аспирации [1] – наиболее надёжного способа обеспыливания [2–3]. Главным элементом системы аспирации является местный вентиляционный отсос, который обеспечивает улавливание загрязняющих веществ, выделяющихся в непосредственной близости от источника их образования [4–6]. Энергоемкость местного отсоса прямо пропорциональна расходу воздуха, протекающего через него [3]. Поэтому за счет различных способов – механического [3, 7, 8] и аэродинамического экранирования [3, 9], активирования [10], использования вихревых

[11, 12] и закрученных [13, 14] потоков добиваются снижения расхода отсасываемого воздуха. За счет профилирования границ вихревых зон на входе в местный отсос и в других элементах воздухопроводов можно снизить потери давления, что также способствует снижению энергопотребления [15–18].

Одним из интенсивных источников пылевыделений в строительстве является сверление. При сверлении дрелью на низких оборотах в воздух может выделяться порядка 1,5 кг пыли за 1 час работы, в случае же тяжелого бурения стен с использованием ударного инструмента выделяется примерно 9 кг пыли в час (табл. 1).

Таблица 1

Содержание частиц PM₁₀ и PM_{2,5} при штроблении стен [21]

№п/п	Наименование процесса	Доля частиц частиц PM ₁₀ и PM _{2,5}
1	Штробление стен перфоратором под проводку	D _{max} 22 %–37 % от массы частиц до 20,5–25 мкм

Учитывая это, требуется использовать пылеудаляющую насадку, обеспечивающую достаточное для рабочей зоны качество воздуха – концентрация пыли должна быть не более ПДК. Зарубежные опыты (табл. 2) подтверждают необходимость использования подобных насадок [19, 20] для улавливания пыли в процессе сверления. Применяемые насадки широко представлены на

рынке сверлильных устройств (рис. 1). Целью данной статьи является разработка конструкции отечественного пылеулавливающего насадка – местного отсоса для локализации пылевыделений при сверлильных работах и определения его рациональных режимно-технических характеристик.

Таблица 2

Среднее количество вдыхаемой пыли в зависимости от наличия МВО

	Без МВО	С использованием МВО	С использованием пустотелого сверла
Количество испытаний	2		
Количество сделанных отверстий	60		
Концентрация мелкодисперсной пыли, мг/м ³	3,32	<0,124	<0,143
Масса вдыхаемой кварцевой пыли мг/м ³	0,55	<0,007	<0,007



Рис. 1. Модели пылеудаляющих насадок и местных отсосов фирм: а) Bosch; б) Metabo; в) Milwaukee; г) DeWalt, д) Интерскол

Методы, оборудование, материалы. В РФ в соответствии с ГОСТ 12.1005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» кремниевая пыль, выделяющаяся при сверлении бетона, отнесена к третьему классу опасности и имеет предельно допустимую концентрацию 2 мг/м³ [22]. Древесная пыль не так опасна, она отнесена к четвертому классу опасности, её относят к аэрозолям фиброгенного действия, способных вызывать аллергию, ПДК древесной пыли составляет 6 мг/м³ и регламенти-

руется ГН 2.1.6.3492-17 (ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений: утвержден 22.12.2017 Главный государственный санитарный врач Российской Федерации от 22 декабря 2017 года №165.

Совершенствование различных механизмов может осуществляться с помощью современных программ моделирования пылевоздушных потоков SolidWorks, Ansys Fluent и Simens SX и т.д. Программный комплекс SolidWorks [23], и в

частности программа SolidWorks Flow Simulation, позволяет на основе заданной модели получить представление об аэродинамических характеристиках пылевоздушных потоков, образующихся в процессе сверлильных работ.

Предлагаемая модель устройства (рис. 2), геометрические размеры которого представлены на рис. 3, предназначена для работ как со сверлами различного диаметра, так и коронок для подрозетников диаметром до 50 мм. Модель представ-

лена следующими элементами: сверлильный патрон, сверло $\varnothing 7,5$ мм, ограждающая конструкция из кирпича, пылеудаляющая насадка с всасывающим отверстием. Для моделирования в SolidWorks использовались уравнения Навье-Стокса и неразрывности, замкнутые при помощи $k - \epsilon$ модели турбулентности [24]. Динамика пылевых частиц описывалась при помощи численного решения дифференциального уравнения их движения, коэффициент сопротивления частиц вычислялся по формуле Хендерсона [25].

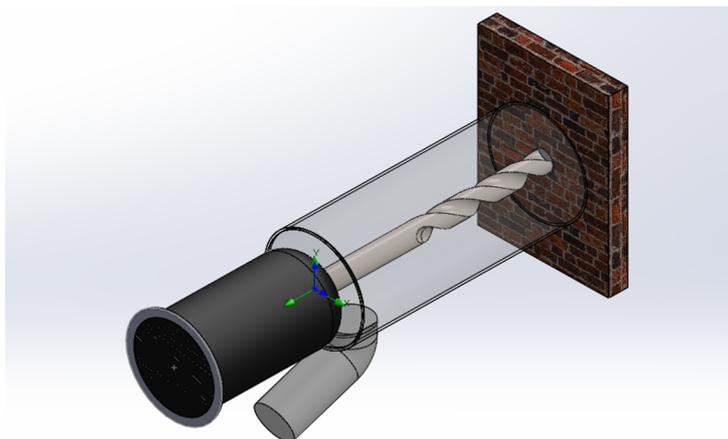


Рис. 2. 3D-модель местного отсоса

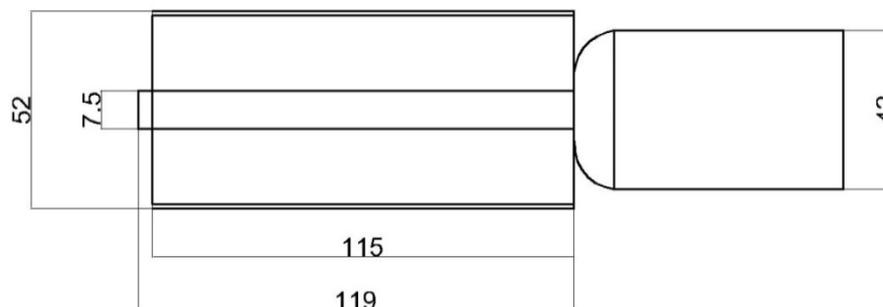


Рис. 3. Геометрические размеры устройства

В программном комплексе SolidWorks Flow Simulation возможно произвести оценку действия силы гравитации на пылевоздушные потоки, имитируя тем самым горизонтальное сверление стены, а так же вертикальное сверление пола и потолка. Для этого поочерёдно устанавливались следующие направления силы гравитации: 1 – $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ по оси Y (сверление стены); 2 – $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ по оси Z (сверление пола); 3 – $g = -9,81 \text{ м/с}^2$ (сверление потолка). Указанные оси показаны на рис. 2. Использовались следующие установки: тип задачи – внешняя, среда – воздух. Граничное условие: массовый расход воздуха в вытяжном канале, изменялся в диапазоне от 0,002 кг/с до 0,012 кг/с [26, 27]. Уровень начальной сетки установлен на отметке: 5; коэффициент

разбега до границ расчетной области: 10, т. к. модель центрирована, это позволяет получить наиболее точные значения в требуемой области.

Основная часть. В качестве критерия эффективности улавливания пыли далее используется величина максимального диаметра полностью уловленных отсосом пылевых частиц – d_{max} , мкм, число частиц заданных в расчете составило 30 шт. Производились исследования изменения d_{max} в зависимости от радиуса всасывающего отверстия и его смещения от конца насадки; различных направлений сверления и расходов всасываемого воздуха.

Вследствие изменения направления действия силы гравитации в расчётной области, направление сверления оказывает влияние на величину d_{max} . Из вычислительного эксперимента

(табл. 3) следует, что наименьшая величина d_{\max} достигается при сверлении пола. Действительно, в этом случае сила тяжести в области образования пылевых частиц направлена в противопо-

ложную от скорости их захвата воздухом сторону, что не способствует их улавливанию (рис. 4). Поэтому, этот самый неблагоприятный для улавливания пыли случай рассматривается далее.

Таблица 3

Изменение d_{\max} в зависимости от направления сверления

Направления сверления	Длина от отверстия до отсоса h , мм	Радиус всасывающего отверстия r , мм	Массовый расход воздуха, кг/с	Максимальный диаметр пылевых частиц d_{\max} , мкм
Пол	95	10	0,01	530
Потолок	95	10	0,01	610
Стена	95	10	0,01	550

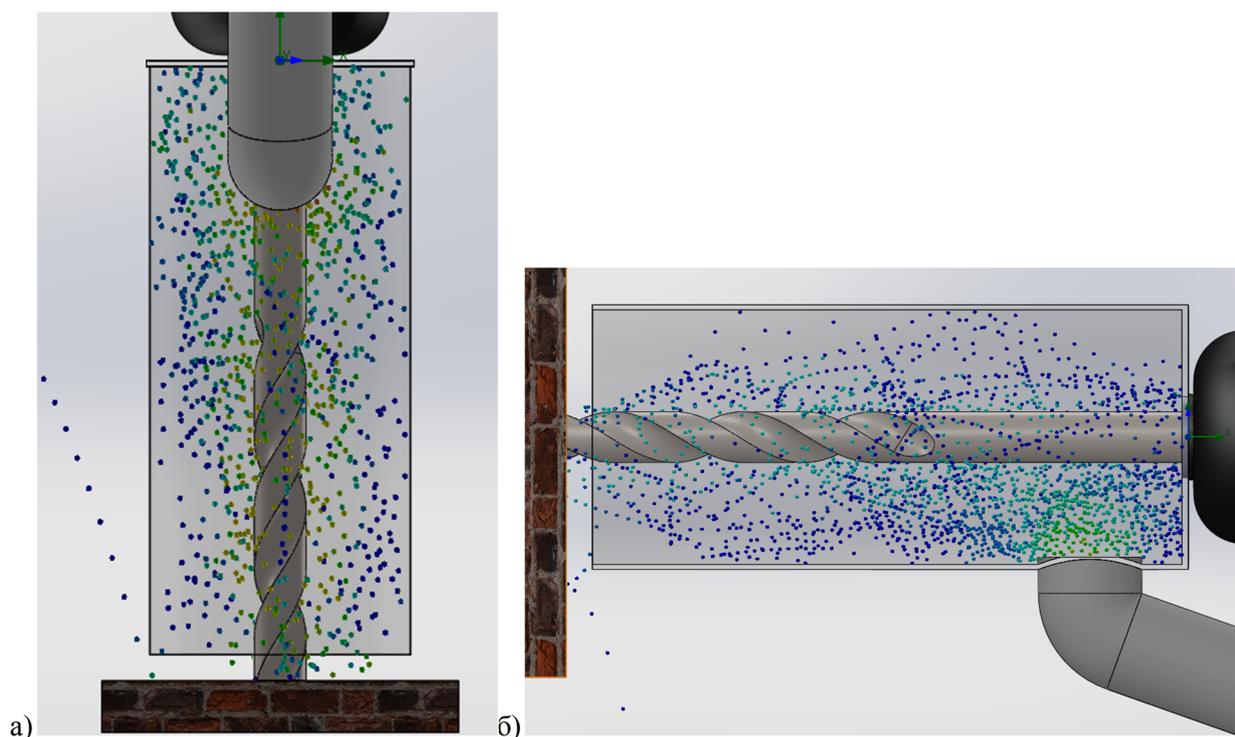


Рис. 4. Определение максимального диаметра при сверлении
а) пола; б) стены

При повышении расхода аспирируемого воздуха величина d_{\max} повышается (рис. 5), что связано с увеличением скорости захвата пылевых частиц вытяжным отверстием. Однако, поскольку не рекомендуется, чтобы скорость в отсосе превышала 20 м/с из-за возникающего шума, расход воздуха Q следует принимать равным в диапазоне 0,008 кг/с – 0,01 кг/с.

При фиксированном расходе воздуха Q и увеличении радиуса r всасывающего отверстия, начиная от 7,5 мм диаметр d_{\max} возрастает (рис. 6), затем достигает максимума при $r = 12,5$ мм и убывает до достижения максимально возможной для данного насадка величины $r = 14$ мм. Столь немонотонное изменение d_{\max} связано, с одной

стороны, с повышением вероятности попадания частиц пыли в отсос (рис. 7) за счет увеличения его радиуса, с другой – напротив снижения скорости в отсосе при фиксированном расходе Q , что не способствует улавливанию пыли.

При фиксированных значениях радиуса r и расхода $Q = 0,01$ кг/с влияние на d_{\max} величины удаления h всасывающего отверстия от конца насадка, примыкающего к месту образования пыли, также не монотонно (рис. 8). Здесь максимум достигается при $h = 75 - 85$ мм, что может быть связано с наиболее оптимальным положением всасывающего канала, при котором наблюдается снижение вихреобразования и его местного сопротивления (рис. 9, 10).

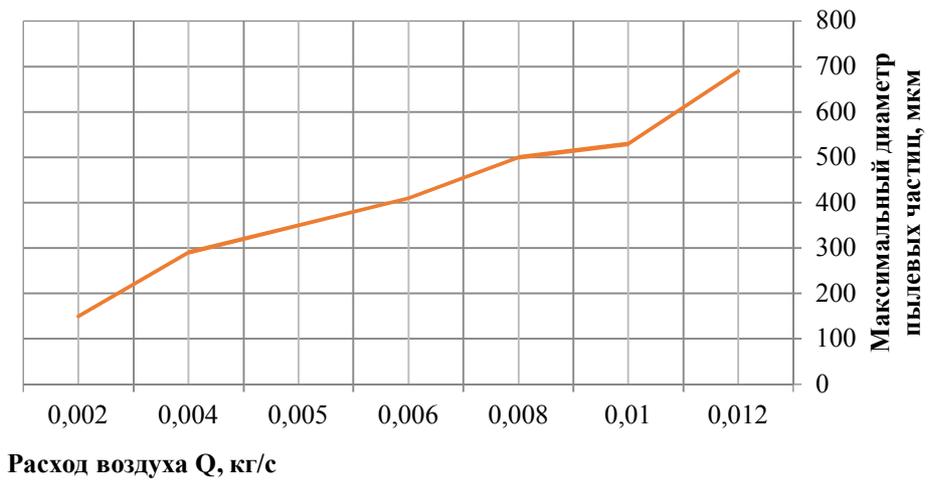


Рис. 5. Зависимость d_{\max} от расхода аспирируемого воздуха при $h = 95$ мм, $r = 10$ мм

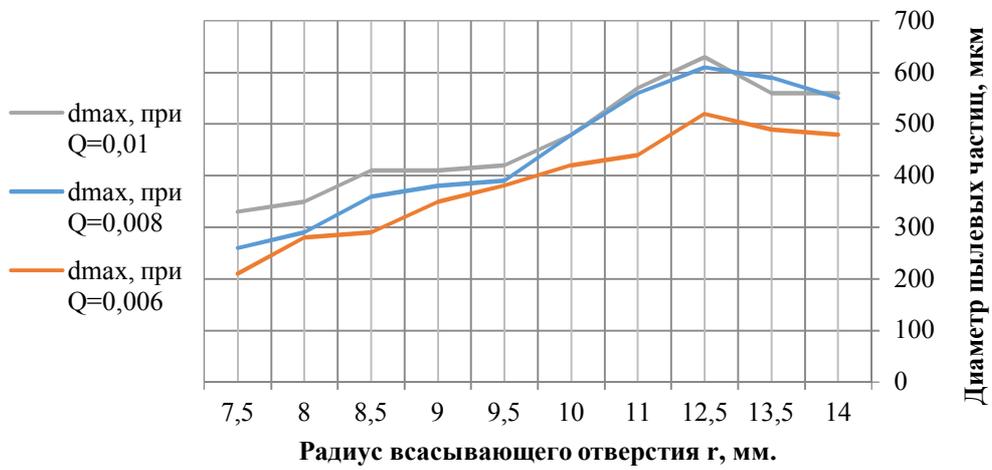


Рис. 6. Зависимость d_{\max} от радиуса всасывающего отверстия при разных расходах Q , кг/с

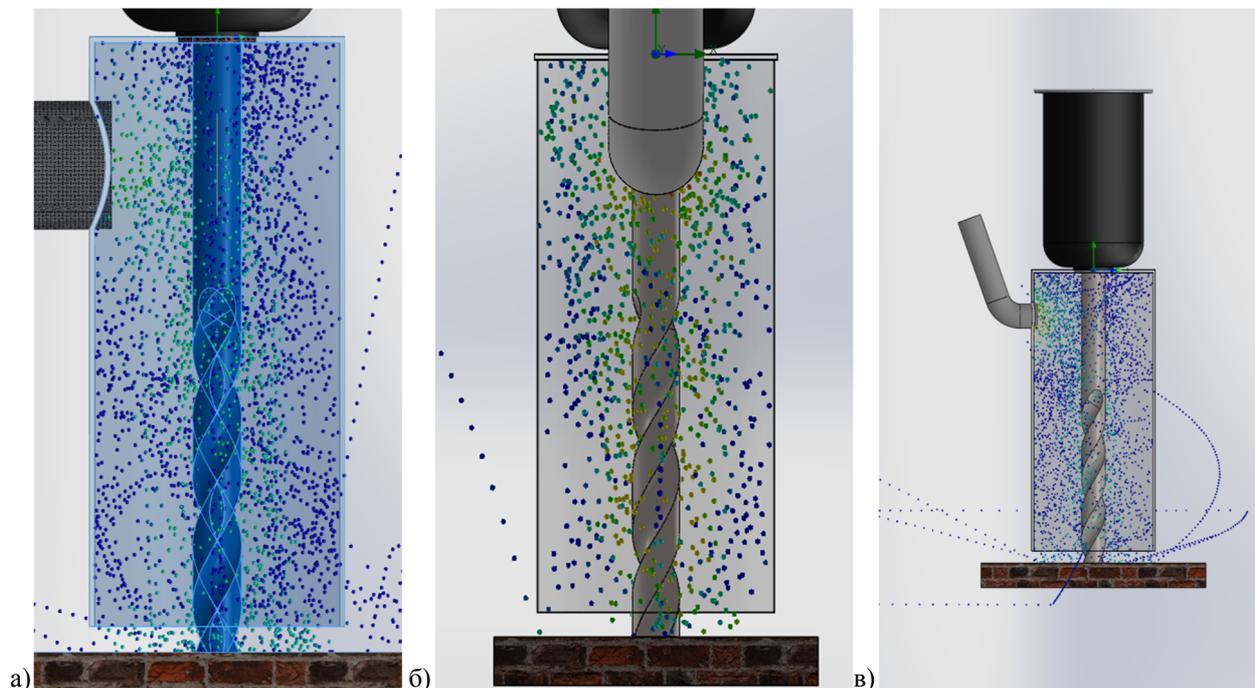


Рис. 7. Процесс определения d_{\max} для отверстий радиусом, мм
а) 12,5; б) 10; в) 5

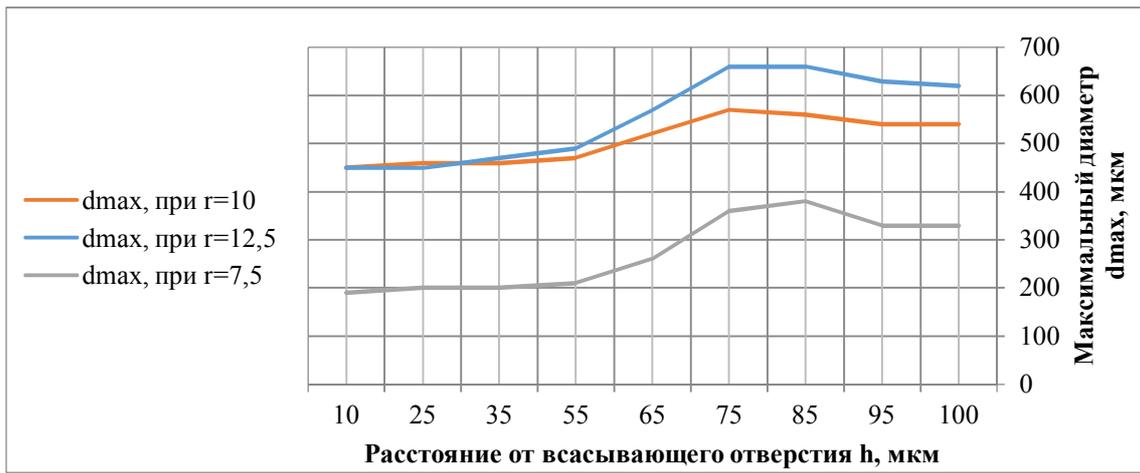


Рис. 8. Зависимость d_{max} от удалённости h всасывающего отверстия при разных радиусах r , мм и $Q = 0,01$ кг/с

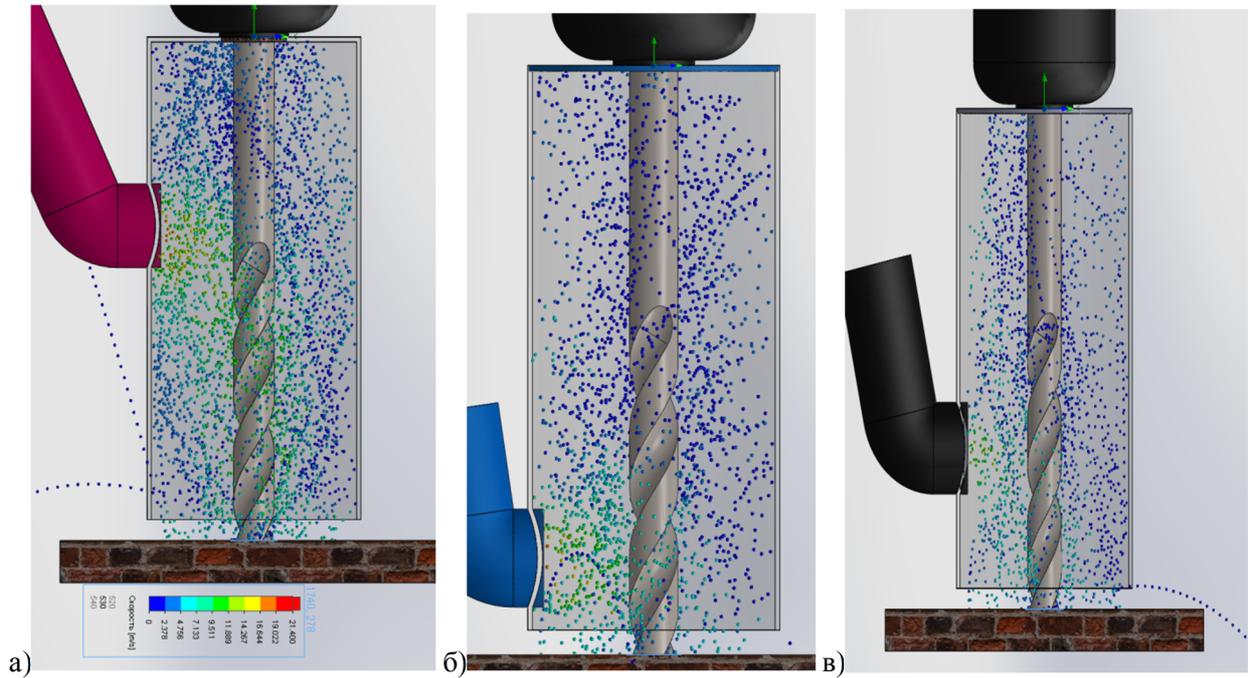


Рис. 9. Определение d_{max} в зависимости от удалённости h всасывающего отверстия, мм:
а) 65; б) 10; в) 35

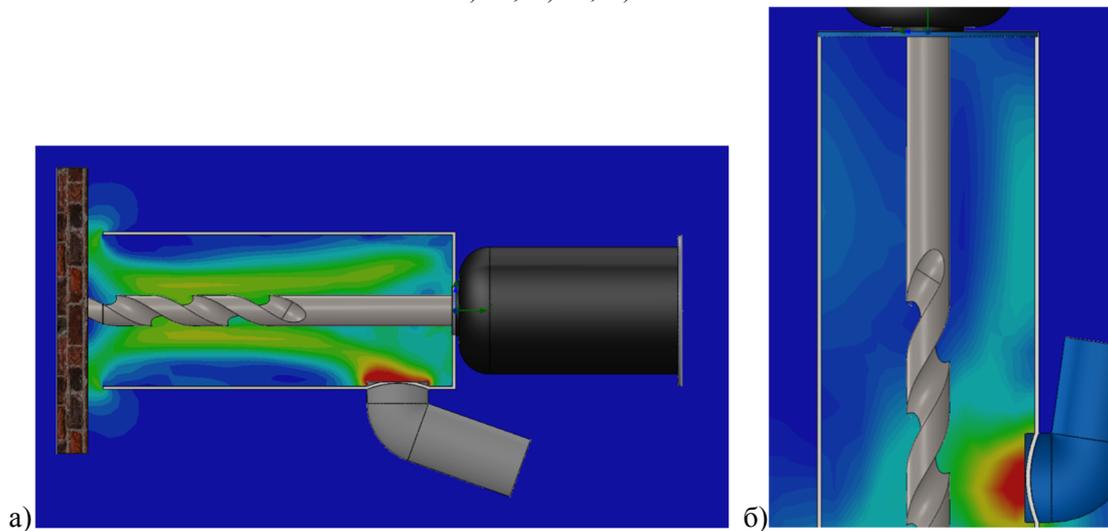


Рис. 10. Поля скоростей при сверлении а) стены, при удалении отверстия на 95мм;
б) пола, при удалении отверстия на 10мм

Дальнейшие направления исследований связаны с выявлением влияния радиуса насадки на эффективность улавливания пылевых частиц, поскольку насадки рассмотренного диаметра подходят для коронок для подрозетников менее 50 мм (рис. 11). Имеет смысл рассмотреть возможность применения двух всасывающих каналов (рис. 12) и определить влияние такой конструкции на эффективность улавливания пылевых частиц. Эффективность улавливания здесь определялась по величине максимального диаметра полностью уловленной фракции пыли. Представляет интерес использовать другие критерии эффективности. Например, отношение ко-

личества уловленных частиц к общему количеству частиц, образующихся при сверлении. Необходимо также более глубоко исследовать влияния образующихся вихревых зон на входе во всасывающий канал на коэффициент его местного сопротивления и эффективность улавливания пыли. Изучить возможность профилирования по найденным границам вихревых зон для повышения эффективности пылеулавливания. Влияние на эффективность отсоса наклона плоскости сверления и его скорости также нуждается в дальнейших исследованиях. Полученные данные компьютерного моделирования нуждаются в верификации, для чего необходимо проведение экспериментальных исследований.

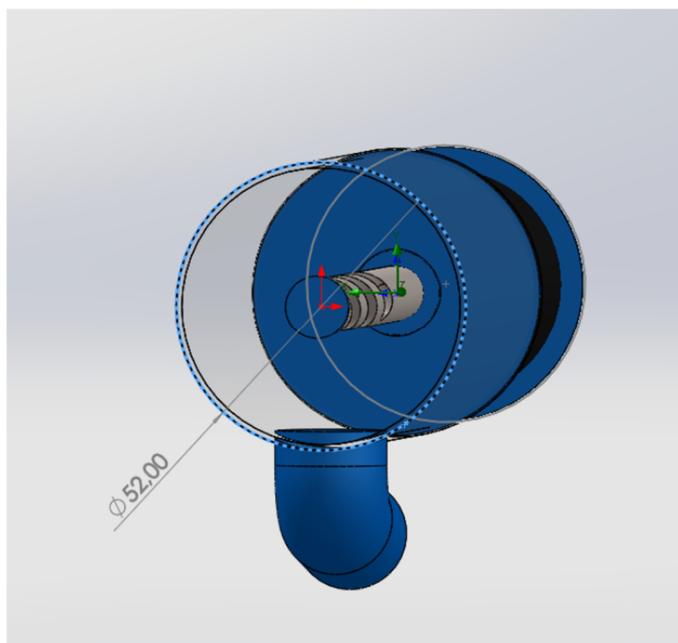


Рис. 11. Диаметр входного отверстия насадка

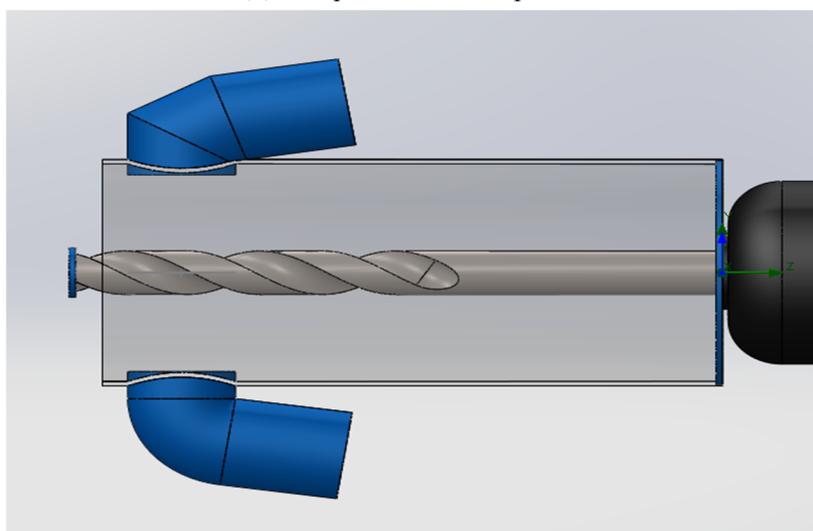


Рис. 12. Добавление второго отсоса и оценка его влияния на пылевоздушный поток

Выводы. Предложена конструкция местного отсоса – насадка для улавливания пыли, образующейся при работе стандартных дрелей. Для

выявления процессов пылеулавливания в программном комплексе SolidWorks Flow Simulation

разработана математическая модель пылевоздушного потока в разработанном насадке. Численно исследована динамика пылевых частиц, образующихся в процессе сверления, и изменение величины максимального диаметра пылевых частиц, полностью улавливаемых всасывающим каналом. Выявленные зависимости влияния на величину максимального диаметра пылевых частиц: расположения плоскости сверления, расхода отсасываемого воздуха, удаленности и радиуса всасывающего канала полезны для конструирования и совершенствования систем улавливания пылевых загрязнений, образующихся в процессе сверления.

Источник финансирования. Грант Российского научного фонда (Проект № 18-79-10025).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nazaroff W.W. Four principles for achieving good indoor air quality // *Indoor Air*. 2013. Vol. 23, Pp. 353–356.
2. Lunden M., Delp W.W., Singer B.C. Capture efficiency of cooking-related fine and ultrafine particles by residential exhaust hoods // *Indoor Air*. 2015. Vol. 25. Pp. 45–58.
3. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions // CRC Press. 2015. 564p.
4. Huang Y., Lu K., Guo J., Wang Y., Zhao C., Zhai Y. Study on ventilation performance of lateral exhaust hood under the influence of two high-temperature buoyant jets // *Building and Environment*, 2020, Pp. 177.
5. Huang Y., Lu K., Wang Y., Jiang C., Cao L., Liu Y. Study on limit flow ratio method for a lateral exhaust hood above high-temperature buoyant jets // *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 54. Pp. 101969
6. Wang Y., Cao L., Huang Y., Cao Y.. Lateral ventilation performance for removal of pulsating buoyant jet under the influence of high-temperature plume // *Indoor and Built Environment*. 2020. Vol.29 No. 4. Pp.248–255.
7. Reif R.H., Houck R.S., Poor Design of Local Exhaust Hood Leads to Radioactive Release in the Work Area // *Health Phys*. 2000. Vol.78. Pp. 222–225
8. Huang R.F., Liu G.S., Chen Y.K., Yeh W.Y., Chen C.W., Chen C.C., Effects of Flange Size on Dividing Streamlines of Exterior Hoods in Cross Drafts // *Occup. Environ*. 2004. Vol. 1. Pp. 283–288.
9. Chern M.J., Cheng W.Y., Numerical investigation push-pull and exhaust of turbulent diffusion in fume cupboards // *Ann. Occup*. 2007. Vol. 51. No. 6. Pp. 517–531.
10. Kulmala I., Hynynen P., Welling I. Local ventilation solution for large, warm emission sources // *Ann. Occup*. 2007. Vol. 51. No. 1. Pp. 35–43.
11. Zhao R., Qian H., Liu L., Zheng X. Comprehensive performance evaluation of a novel Aaberg exhaust system reinforced by a swirling jet // *Building and Environment*. 2020. Vol. 167. Pp. 106451.
12. Wang P., Feng T., Liu R. Characteristics Study of the Swirl Air Curtain Exhaust Hood // *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. 2010. Vol. 4. Pp. 1–5.
13. Yan Y., Li X., Tu J., Feng P., Zhang J. Characterisation and analysis of indoor tornado for contaminant removal and emergency ventilation // *Building and Environment*. 2019. Vol. 164. Pp. 107106.
14. Cao Z., Zhai C., Wang I., Zhao T., Wang H. Flow characteristics and pollutant removal effectiveness of multi-vortex ventilation in high pollution emission industrial plant with large aspect ratio // *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 54. Pp. 101990.
15. Зиганшин А.М., Батрова К.Э., Гимадиева Г.А. Численное определение характеристик течения через последнее боковое отверстие в воздуховоде // *Известия ВУЗов. Строительство*. 2018. № 7. С. 53–65.
16. Зиганшин А.М., Наумов Т.А. Повышение энергоэффективности вентиляционного фасонного элемента в виде внезапного расширения // *Известия ВУЗов. Строительство*. 2019. № 6. С. 53–65.
17. Зиганшин А.М., Logachev K.I. Minimizing local drag by shaping a flanged slotted hood along the boundaries of vortex zones occurring at inlet // *Build. Eng*. 2020. Vol. 32. Pp. 101666
18. Logachev K. I., Ziganshin A.M., Popov E.N., Averkova O.A., Kryukova O.S., Gol'tsov A.B. Experiment determining pressure loss reduction using a shaped round exhaust hood // *Building and Environment*. 2021. Vol. 181. Pp. 107124.
19. Rempel D., Barr A., Cooper M.R.. Effect of hollow bit local exhaust ventilation on respirable quartz dust concentrations during concrete drilling // *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2019. Vol. 5. No. 16. Pp. 336–340.
20. Shephred S., Woskie S.R., Holcroft C., Ellenbecker M. Reducing Silica and Dust Exposures in Construction During Use of Powered Concrete-Cutting Hand Tools: Efficacy of Local Exhaust Ventilation on Hammer Drills // *Journal of Occupational and Environmental hygiene*. 2009. Vol. 6. No. 1. Pp.42–51.
21. Петренко Л.К., Манжилевская С.Е., Тутаев А.А., Тимошенко Е.В. Организация мероприятий по охране атмосферного воздуха на

строительных площадках от воздействия мелкодисперсной пыли // Инженерный вестник Дона. 2019. №1. С. 11

22. Немчинова Н.В., Минеева Т.С., Никаноров А.В. Проблемы экологической безопасности алюминиевого и кремниевого производств // Современные проблемы науки и образования. 2013. №3. С. 93

23. Matsson J. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2010. SDC Publication, Mission, Kansas (USA). 2010. 297 p.

24. Алямовский А.А. Solid Works 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 1042 с.

25. Henderson C.B. Drag Coefficients of Spheres in Continuum and Rarefied Flows // AIAA Journal. 1976. Vol. 14, No. 6. Pp. 103–112.

26. Тирон О.В. Способы и средства локализации пылевыведений от сверлильного оборудования // Молодёжь и научно-технический прогресс. 2020. С. 317–321.

27. Тирон О.В. Определение рациональной мощности всасывания пылеудаляющей насадки для ударного инструмента // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. 2020. С. 4052–4057.

Информация об авторах

Логачев Константин Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: kilogachev@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тирон Олег Викторович, магистрант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: tiron1997@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 09.02.2021 г.

© Тирон О.В., Логачев К.И., 2021

**Tiron O.V., Logachev K.I.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: tiron1997@gmail.com

NUMERICAL SIMULATION OF DUST-AIR FLOWS NEAR THE LOCAL VENTILATION EXTRACTION FROM DRILLING EQUIPMENT

Abstract. *A significant amount of dust is released during the drilling process. It negatively affects the cleanliness and ecology of the surrounding space, as well as human health. The design of a local extraction nozzle is proposed for dedusting the process of drilling concrete with standard drills. A computer model of the dust-air flow in the developed nozzle is created in the software package SolidWorks Flow Simulation. The dynamics of dust particles formed during drilling is numerically studied. The behavior of dust particles of different sizes is considered. It is proposed to use the value of the maximum diameter of dust particles completely captured by the suction channel as a criterion for the efficiency of dust particle capture. Three variants of the drilling plane arrangement are considered: floor, ceiling and vertical wall. The dependences of the maximum diameter of dust particles on the intake air flow rate, the distance of the extraction channel on the side surface of the nozzle to the place of its abutment to the drilling plane, and the radius of the suction channel are determined. The results obtained can be used to design and improve systems for capturing dust pollution generated during drilling. The formulated further directions of research are useful for researchers engaged in identifying the processes of capturing dust particles from mobile technological equipment.*

Keywords: *dedusting, local extraction, dust particles, numerical simulation, drilling.*

REFERENCES

1. Nazaroff W.W. Four principles for achieving good indoor air quality. *Indoor Air*. 2013. Vol. 23, Pp. 353–356.

2. Lunden M., Delp W.W., Singer B.C. Capture efficiency of cooking-related fine and ultrafine particles by residential exhaust hoods. *Indoor Air*. 2015. Vol. 25. Pp. 45–58.

3. Logachev I., Logachev K., Averkova O. Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes

and Calculations of Dust Emissions. CRC Press. 2015. 564 p.

4. Huang Y., Lu K., Guo J., Wang Y., Zhao C., Zhai Y. Study on ventilation performance of lateral exhaust hood under the influence of two high-temperature buoyant jets. *Building and Environment*, 2020, Pp. 177.

5. Huang Y., Lu K., Wang Y., Jiang C., Cao L., Liu Y. Study on limit flow ratio method for a lateral exhaust hood above high-temperature buoyant jets.

Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 54. Pp. 101969

6. Wang Y., Cao L., Huang Y., Cao Y.. Lateral ventilation performance for removal of pulsating buoyant jet under the influence of high-temperature plume. *Indoor and Built Environment*. 2020. Vol.29 No. 4. Pp.248–255.

7. Reif R.H., Houck R.S., Poor Design of Local Exhaust Hood Leads to Radioactive Release in the Work Area. *Health Phys.* 2000. Vol.78. Pp. 222–225

8. Huang R.F., Liu G.S., Chen Y.K., Yeh W.Y., Chen C.W., Chen C.C., Effects of Flange Size on Dividing Streamlines of Exterior Hoods in Cross Drafts. *Occup. Environ.* 2004. Vol. 1. Pp. 283–288.

9. Chern M.J., Cheng W.Y., Numerical investigation push-pull and exhaust of turbulent diffusion in fume cupboards. *Ann. Occup.* 2007. Vol. 51. No. 6. Pp. 517–531.

10. Kulmala I., Hynynen P., Welling I. Local ventilation solution for large, warm emission sources. *Ann. Occup.* 2007. Vol. 51. No. 1. Pp. 35–43.

11. Zhao R., Qian H., Liu L., Zheng X. Comprehensive performance evaluation of a novel Aaberg exhaust system reinforced by a swirling jet. *Building and Environment*. 2020. Vol. 167. Pp. 106451.

12. Wang P., Feng T., Liu R. Characteristics Study of the Swirl Air Curtain Exhaust Hood. *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*. 2010. Vol. 4. Pp. 1–5.

13. Yan Y., Li X., Tu J., Feng P., Zhang J. Characterisation and analysis of indoor tornado for contaminant removal and emergency ventilation. *Building and Environment*. 2019. Vol.164. Pp. 107106.

14. Cao Z., Zhai C., Wang I., Zhao T., Wang H. Flow characteristics and pollutant removal effectiveness of multi-vortex ventilation in high pollution emission industrial plant with large aspect ratio. *Sustainable Cities and Society*. 2020. Vol. 54. Pp. 101990

15. Ziganshin A.M., Batrova K.E. Gimadieva G.A. Numerical determination of flow characteristics through the last side hole in the air duct [Chislennoe opredelenie harakteristik techeniya cherez poslednee bokovoe otverstie v vozduhovode]. *Izvestiya VUZov*. 2018. No. 7. Pp. 53–65 (rus.)

16. Ziganshin A.M., Naumov T.A. Improving the energy efficiency of a ventilation shaped element in the form of a sudden expansion [Povyshenie energoeffektivnosti ventilyacionnogo fasonnogo elementa v vide vnezapnogo rasshireniya]. *Izvestiya VUZov*. 2019. No. 6. Pp. 53–65. (rus)

17. Ziganshin, A.M., Logachev K.I. Minimizing local drag by shaping a flanged slotted hood

along the boundaries of vortex zones occurring at inlet. *Build. Eng.* 2020. Vol. 32. Pp. 101666

18. Logachev K.I., Ziganshin A.M., Popov E.N., Averkova O.A., Kryukova O.S., Gol'tsov A.B. Experiment determining pressure loss reduction using a shaped round exhaust hood. *Building and Environment*. 2021. Vol. 181. Pp. 107124.

19. Rempel D., Barr A., Cooper M.R.. Effect of hollow bit local exhaust ventilation on respirable quartz dust concentrations during concrete drilling. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2019. Vol. 5. No. 16. Pp. 336–340.

20. Shephred S., Woskie S.R., Holcroft C., Ellenbecker M. Reducing Silica and Dust Exposures in Construction During Use of Powered Concrete-Cutting Hand Tools: Efficacy of Local Exhaust Ventilation on Hammer Drills. *Journal of Occupational and Environmental hygiene*. 2009. Vol. 6. No. 1. Pp. 42–51.

21. Petrenko L.K., Manzhilevskaya S.E., Tut-aev A.A., Timoshenko E.V. Organization of measures for the protection of atmospheric air on construction sites from the effects of fine dust [Organizaciya meropriyatij po ohrane atmosfernogo vozduha na stroitel'nyh ploschadkah ot vozdejstviya melkodispersnoj pyli]. *Engineering Bulletin of the Don*. 2019. No. 1. Pp. 11 (rus)

22. Nemchinova N. V., Mineeva T. S., Nikanorov A.V. Problems of ecological safety of aluminum and silicon production [Problemy ekologicheskoy bezopasnosti alyuminievogo i kremnievogo proizvodstv]. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 3. Pp. 93. (rus)

23. Matsson J. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2010. SDC Publication, Mission, Kansas (USA). 2010. Pp. 297.

24. Alyamovsky A.A. SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice [SolidWorks 2007/2008. Kompjuternoe modelirovanie v inzhenernoj praktike] St. Petersburg: BHV-Petersburg. 2008. Pp. 1042 (rus)

25. Henderson C.B. Drag Coefficients of Spheres in Continuum and Rarefied Flows. *AIAA Journal*. 1976. Vol. 14, No. 6. Pp. 103–112.

26. Tiron O.V. Methods and means of localization of dust emissions from drilling equipment [Sposoby i sredstva lokalizacii pylevydelenij ot sverlil'nogo oborudovaniya]. *Youth and scientific and technological progress*. 2020. Pp. 317–321 (rus)

27. Tiron O.V. Determination of the rational suction power of a dust-removing nozzle for a percussion instrument [Opredelenie racionalnoj moschnosti vsasyvaniya pyleudalyayuschej nasadki dlya udarnogo instrumenta]. *International Scientific and Technical Conference of Young Scientists*. 2020. Pp. 4052–4057 (rus)

Information about the authors

Logachev, Konstantin I. DSc, Professor. E-mail: kilogachev@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Tiron, Oleg V. Master's Degree student. E-mail: tiron1997@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 09.02.2021

Для цитирования:

Тирон О.В., Логачев К.И. Численное моделирование пылевоздушных течений вблизи местного вентиляционного отсоса от сверлильного оборудования // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 3. С. 36–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-36-46

For citation:

Tiron O.V., Logachev K.I. Numerical simulation of dust-air flows near the local ventilation extraction from drilling equipment. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2021. No. 3. Pp. 36–46. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-3-36-46