

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-19-31

Гольцов А.Б.Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: abgolcov@gmail.com*

ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАВНОМЕРНОСТЬ ВСАСЫВАНИЯ АСПИРАЦИОННЫМИ ВОРОНКАМИ

Аннотация. Эффективная локализация источников пылевыделения возможна за счет использования комплекса обеспыливающей вентиляции, включающего в себя аспирацию, общеобменную вентиляцию и средства борьбы со вторичным пылеобразованием. Системы аспирации обеспечивают удаление запыленного воздуха с последующей его очисткой и утилизацию уловленной пыли. Создание разрежения в укрытиях технологического оборудования способствует не выбиванию пыли в воздух рабочей зоны.

Системы аспирации включают в себя различные функциональные элементы: вентиляторы, пылеуловители, воздухопроводы, аспирационные укрытия и воронки (патрубки). Ключевыми факторами, влияющими на энергетические затраты системами аспирации, являются объемы и характеристики обрабатываемого воздуха, аэродинамическое сопротивление и коэффициент полезного действия применяемого оборудования.

Данная статья посвящена выявлению факторов, влияющих на равномерность удаления воздуха из укрытий аспирационными патрубками и путей их совершенствования с использованием методов численного CFD-моделирования. Понимание факторов, оказывающих влияние на равномерность удаления запыленного воздуха из укрытий, позволит оценить степень неравномерности всасывания, выделить критерии её оценки, предложить технические решения, способствующие выравниванию потоков применительно к аспирационным системам, показать эффективность применения методов численного CFD-моделирования путем сравнения со справочными и экспериментальными данными.

Ключевые слова: аспирация, аспирационный патрубок, пылеудаление, локализация пылевыделений, равномерный поток.

Введение. Рабочие элементы систем аспирации для эффективной работы должны располагаться равномерно по сечению рабочей зоны. Данные элементы систем аспирации такие как укрытия, воздухопроводы, вентиляторы соединяются между собой при помощи конфузоров и диффузоров и других элементов. В большинстве случаев площади сечений на входе или выходе рабочего потока значительно отличаются, в результате чего воздушный поток не заполняет всего сечения и поступает к рабочим элементам узкой струей, соответственно скорость в одном месте значительно больше, а в другом значительно меньше расчетной или близка к нулю. Очевидно, что неравномерное распределение рабочих потоков по сечению ухудшает технологические характеристики в сравнении с равномерным движением потока или приводит к увеличению размера аппарата.

Вопросу формирования равномерного распределения потоков вытяжного и приточного воздуха посвящено множество исследований [1–11] данные решения широко применяются в воздухопроводах равномерной подачи всасывания. Применение данных принципов в аспирационных отсосах, вытяжных зонтах и укрытиях целесообразно и имеет широкое поле для исследований и внедрения. Данные решения могут мини-

мальными ресурсами обеспечить высокую эффективность и устранить недостаток неэффективных конструктивных решений. Целью работы является выявление факторов, оказывающих влияние на равномерность всасывания аспирационными патрубками, подключающими воздухопроводы к аспирационным укрытиям технологического оборудования с использованием методов CFD-моделирования, а также сопоставление полученных результатов со справочными данными и выработки путей совершенствования способствующих выравниванию воздушных потоков.

Аспирационные воронки в большинстве случаев представляют из себя конфузор, переход с большего сечения на меньшее в котором динамическое давление возрастает, а статическое уменьшается. Если конфузор имеет небольшой угол раскрытия, то вихреобразование обычно не происходит или оно незначительное, и потери давления в основном связаны с возрастанием скорости, при больших значениях угла раскрытия образуются застойные зоны с вихрями. А также спектр всасывающего факела охватывает не всю область всасывания и здесь формируется неравномерный поток, в этом случае отношение (V_{max}/V_{av}) максимальной скорости к средней в плоскости всасывания возрастает.

Целью статьи является выявление факторов, влияющих на равномерность всасывания аспирационными воронками и разработка конструктивных предложений их совершенствования с использованием методов численного CFD-моделирования.

Материалы и методы. Исследования проводились при помощи CFD-моделирования и в ходе лабораторных экспериментов. Использование методов CFD-моделирования позволяет повысить скорость, точность и общую эффективность разработки, и совершенствование различных устройств [12–21]. Вычислительный эксперимент осуществлялся в среде Solidworks Flow Simulation. В математической модели заложены уравнения неразрывности, движения, а также с учётом турбулентной энергии и диссипации турбулентности (k-ε модель турбулентности, интенсивность 0,1 % и масштаб турбулентности 0,002

м). Уравнения решают на неструктурированных адаптированных к телу прямоугольных сетках. Для выполнения вычислительного эксперимента в среде SolidWorks были построены пространственные твердотельные модели аспирационного отсоса (патрубка) и задана расчетная область моделирования воздушных течений. Экспериментальные исследования проводились для валидации результатов вычислительного исследования. При валидации проводилось сопоставление полученных значений исследуемых факторов и отклика в ходе вычислительного и лабораторного эксперимента.

В работе произведен анализ влияния различных факторов (угла раскрытия β ; соотношения площадей f_{out}/f_{in} ; высота воронки h ; соотношение сторон, A/B ; площади входа f_{in} и выхода f_{out} ; скорости V_{out}) на отношение максимальной скорости в плоскости всасывания к средней V_{max}/V_{av} .

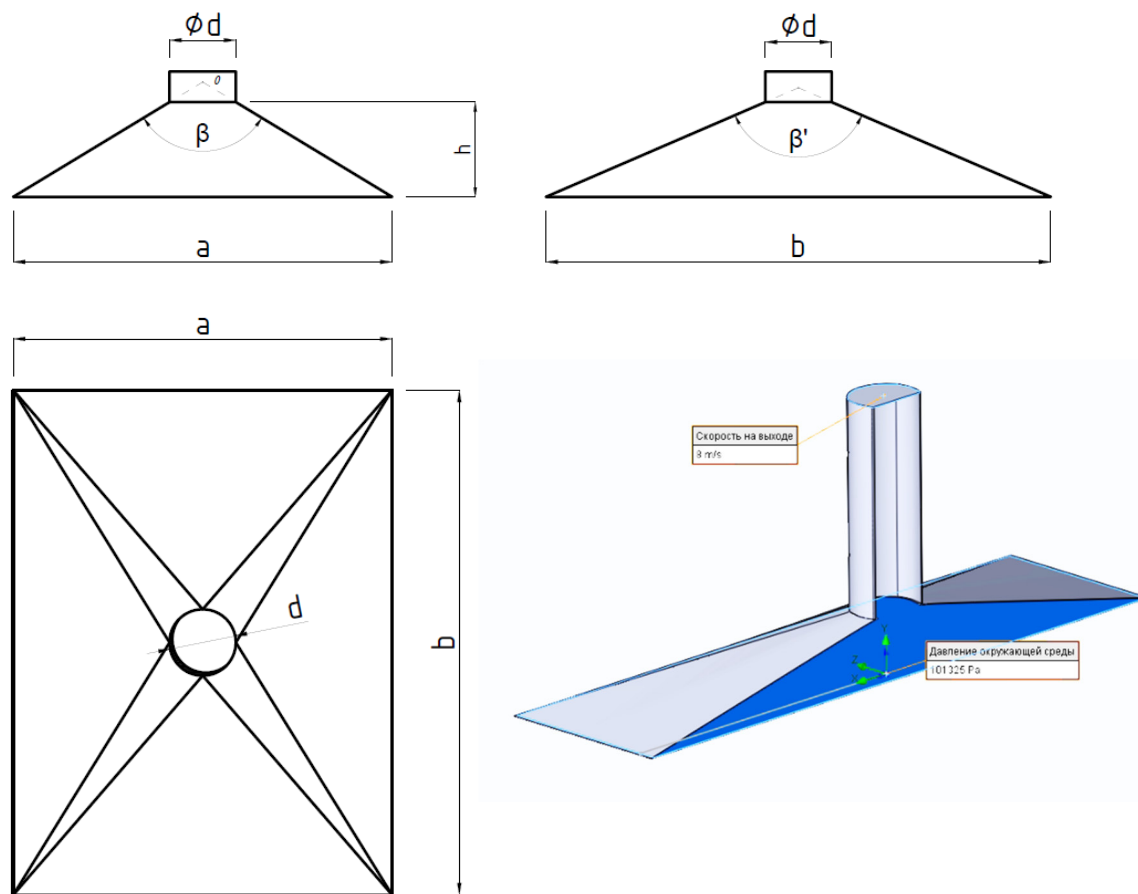


Рис. 1. Общий вид исследуемой аспирационной воронки. Граничные условия исследуемой модели

Факторы варьировались в следующем диапазоне: $d=0,1; 0,2; 0,355$ м; $V_{out}=1; 8; 12$ м/с; $A=0,1; 0,5; 1$ м; $h=0,1; 0,2; 0,3; 0,4$ м. Все остальные факторы рассчитывались исходя из расчетных соотношений.

В качестве граничных условий принята скорость всасывания V_{out} в плоскости вытяжного

воздуховода, давление окружающей среды при стандартных условиях в плоскости всасывания и различные конструкции вытяжного зонта.

Для подтверждения проведённых численных исследований и валидации численных моде-

лей были проведены сравнения численного расчета и эксперимента для нескольких конструкций аспирационных отсосов (патрубках).

Экспериментальное исследование проводилось на специально разработанном лабораторном стенде (рис. 2), близком по характеристикам к промышленным вытяжным устройствам систем местной вытяжной вентиляции. Лабораторная установка состоит из вентилятора 1, воздуховода 2, к которому присоединяется исследуемая аспирационная воронка 4, установленная на укрытии 9.

Натурный эксперимент проводился в соответствии с ГОСТ 12.3.018-79 «Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний» после наступления стационарного режима работы вентилятора, при этом измерялись следующие параметры:

1. Параметры микроклимата (барометрическое давление, температура).
2. Динамическое давление потока воздуха в четырех точках плоскости измерений.
3. Скорость воздуха в плоскости всасывания аспирационной воронки.

Барометрическое давление воздуха определялось с помощью барометра – anerоида БААН, ГОСТ 6466-53, пределы измерения 0...110 кПа,

погрешность измерения ± 60 Па. Температура воздуха измерялась сухим термометром аспирационного психрометра типа МВ – 4М ГОСТ 6468-58, пределы измерения 0...70 °С с точностью до 0,2 °С. Скорость воздуха в воздуховоде определялась с помощью пневмометрической трубки Пито-Прандтля (тарировочный коэффициент трубки $k = 1$) путем измерения перепада давления. Перепад давления измерялся дифференциальным микроманометром Testo 510, погрешность $\pm 0,03$ гПа (0...0,30 гПа). Скорость и температура воздуха в плоскости всасывания аспирационной воронкой выполнена с помощью термоанемометра Testo 425, диапазон измерения скорости 0...+20 м/с, погрешность $\pm(0,03 \text{ м/с} + 5\% \text{ от изм. знач.})$ и температуры $-20 \dots +70$ °С, погрешность $\pm 0,5$ °С (0...+60 °С).

Измерения скорости в плоскости всасывания аспирационной воронки проводились при барометрическом давлении 98 600 Па и температуре воздуха 23,5 °С. Плотность воздуха определялась из формулы $\rho = 1.293 \cdot 273 / (273 + t)$ кг/м³.

Схема и фото экспериментальной установки для валидации проведенных исследований представлены на рис. 2.

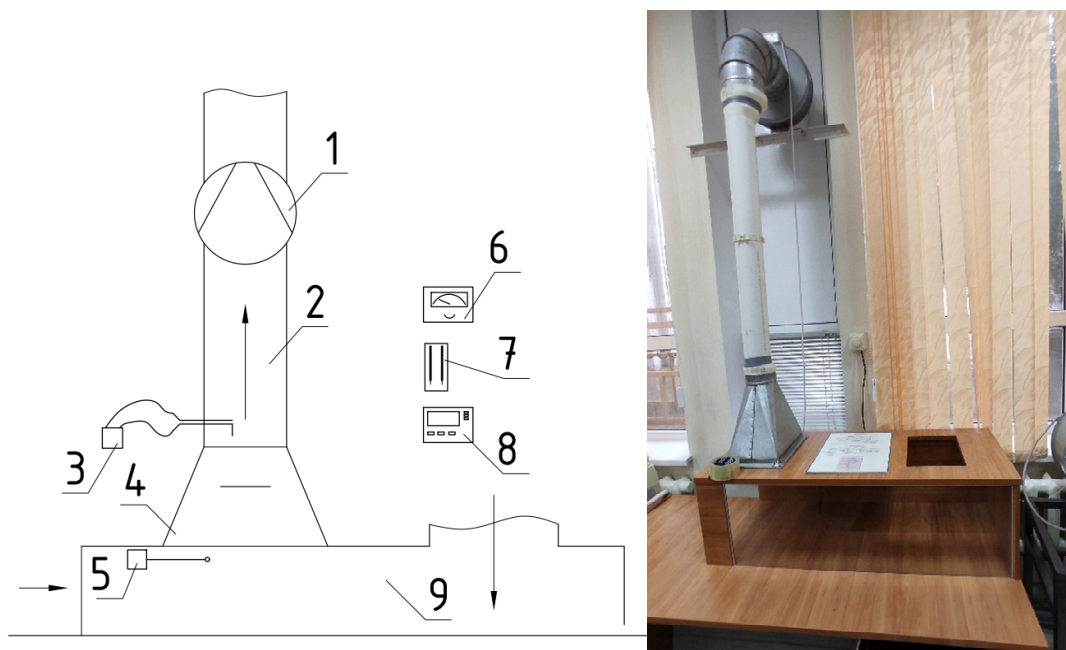


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки по исследованию работы вытяжного зонта равномерного всасывания: 1 – вентилятор; 2 – воздуховод аспирационной системы; 3 – дифманометр TESTO 510; 4 – исследуемая аспирационная воронка; 5 – термоанемометр TESTO 425; 6 – барометр-анероид БААН-1; 7 – аспирационный психрометр МВ-4М; 8 – прибор комбинированный TESTO-622 (абсолютное давление, температура, влажность); 9 – аспирационное укрытие

Основная часть. С уменьшением площади вытяжного воздуховода (f_{out}) по отношению к площади входа в аспирационную воронку (f_{in}) возрастает неравномерность всасывания, но в

значительной степени величина V_{max}/V_{av} возрастает в сочетании с уменьшением высоты зонта и возрастании угла раскрытия β_{av} .

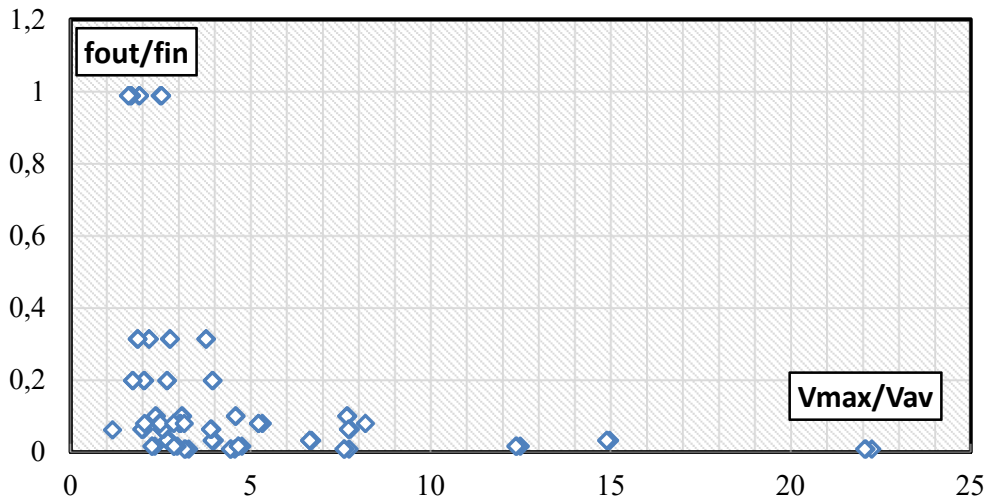


Рис. 3. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от соотношения площади выхода к площади входа

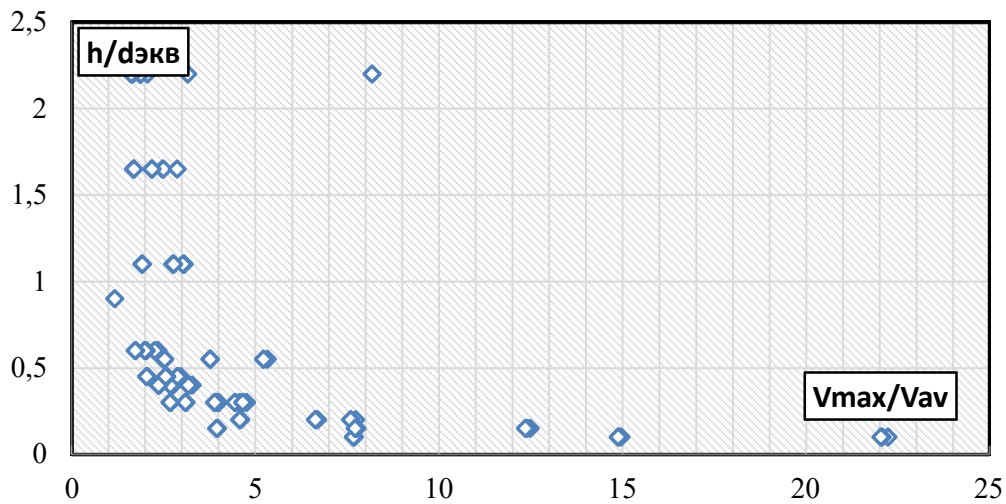


Рис. 4. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от отношения высоты аспирационной воронки к эквивалентному диаметру в плоскости всасывания

Анализ зависимости V_{max}/V_{av} относительно соотношения высоты зонта и эквивалентного диаметра аспирационной воронки в плоскости

всасывания $h/d_э$ показал, что при $h/d_э < 0,25$ V_{max}/V_{av} возрастает более 5.

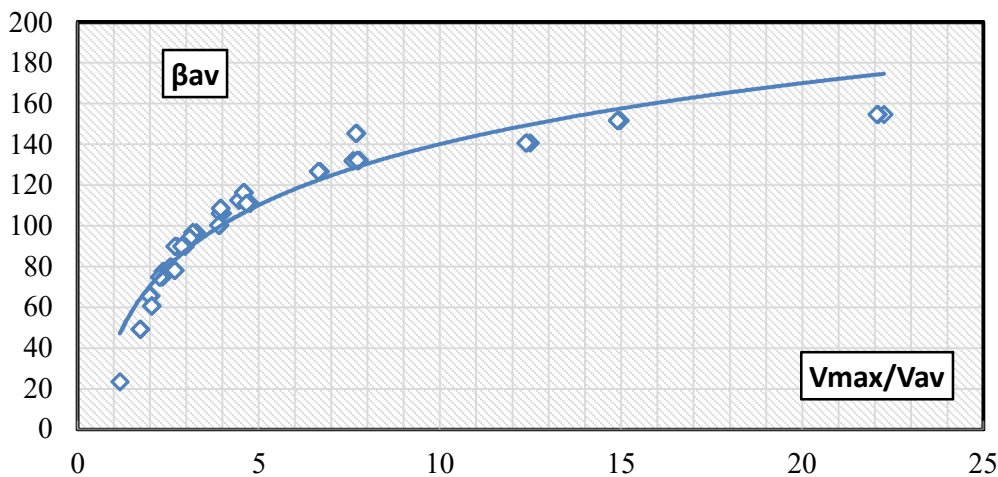


Рис. 5. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от среднего значения угла раскрытия зонта

В исследовании рассматривался квадратный ($A/B=1$) и прямоугольный зонт ($A/B<1$), был введено понятие среднего угла раскрытия по двум сторонам β_{av} . По результатам проведенных расчетов видно, что с увеличением угла раскрытия возрастает неравномерность всасывания, то есть отношение максимальной к средней скорости в плоскости зонта возрастает до 22, при этом с углом раскрытия $\beta_{av}<60^\circ$, $V_{max}/V_{av}<2,5$. V_{max}/V_{av}

резко возрастает с увеличением угла $\beta_{av}>100^\circ$ от 4 до 23. Оснащение вытяжных зонтов выравнивающими устройствами исходя из полученных данных целесообразно при угле раскрытия более 60° , а при углах более 100° необходимое условие. В первую очередь данные устройства необходимы для снижения пылеуноса из укрытий технологического оборудования.

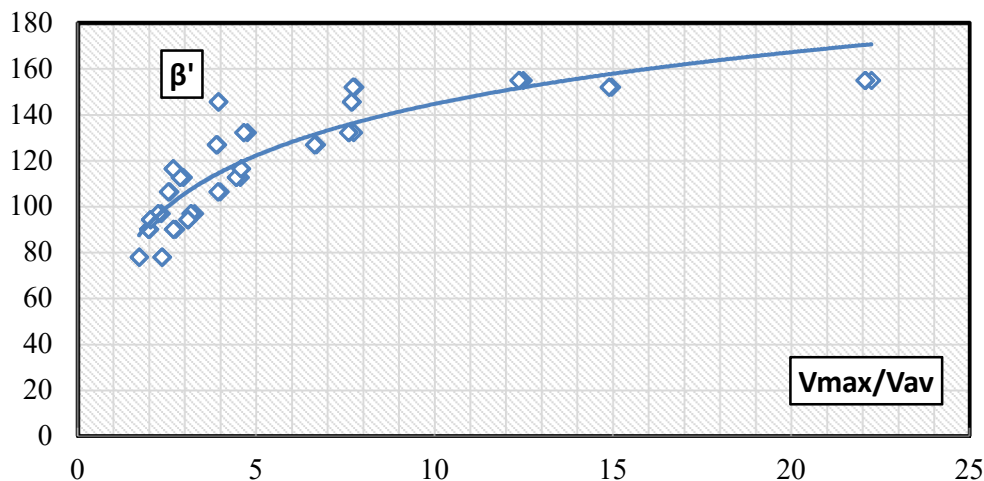


Рис. 6. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от угла раскрытия зонта β'

Угол раскрытия β' исследовался в диапазоне 77° – 155° . В данном случае наблюдается возрастание V_{max}/V_{av} с увеличением угла раскрытия β' , наблюдается логарифмическая зависимость.

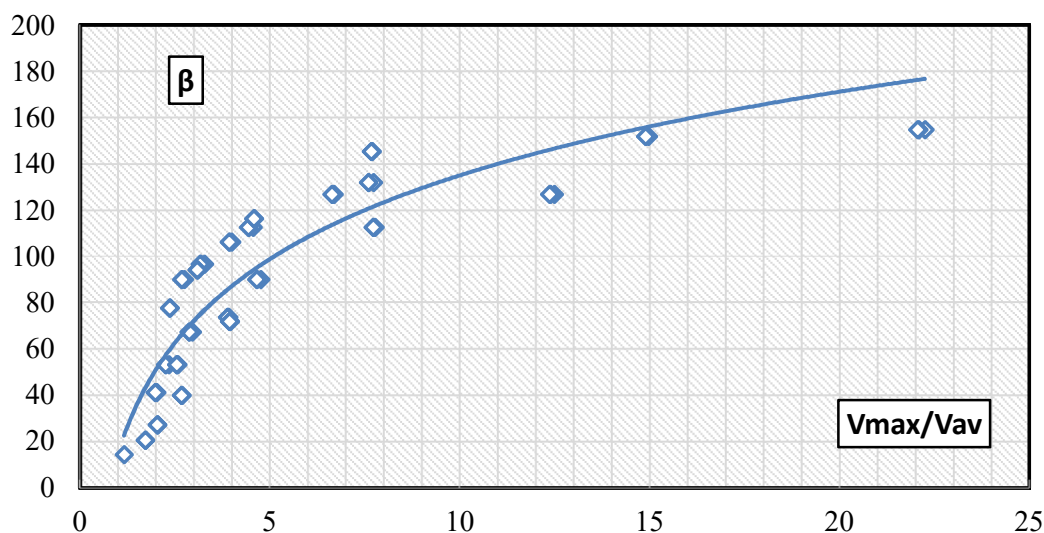


Рис. 7. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от угла раскрытия зонта β

Угол раскрытия β исследовался в диапазоне 15° – 155° . В данном случае наблюдается возрастание V_{max}/V_{av} с увеличением угла раскрытия β , наблюдается логарифмическая зависимость.

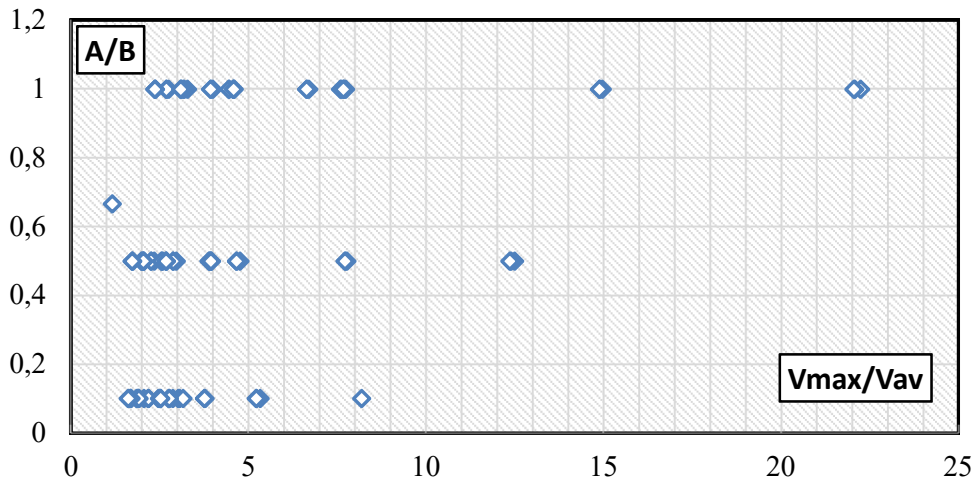


Рис. 8. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от соотношения сторон вытяжного зонта A/B

Влияние соотношения A/B на величину V_{max}/V_{av} незначительно и зависит в большей степени от других факторов, в частности от угла раскрытия. Однако при использовании прямоугольного отсоса, при снижении $A/B < 1$ наблюдается

снижение неравномерности всасывания V_{max}/V_{av} , что объясняется увеличением f_{out}/f_{in} и снижением среднего угла раскрытия β_{av} .

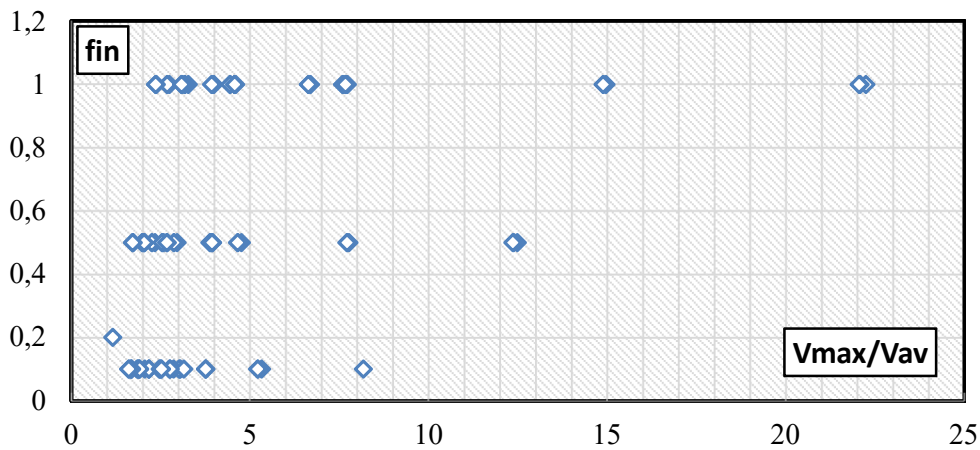


Рис. 9. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от площади входа в аспирационную воронку

С увеличением площади всасывающей поверхности f_{in} вытяжного зонта происходит повышение неравномерности всасывания V_{max}/V_{av} , по-

ток воздуха движется преимущественно в области всасывающего патрубка охватывая меньшую площадь вытяжной воронки, в следствие чего возрастает максимальная скорость V_{max} .

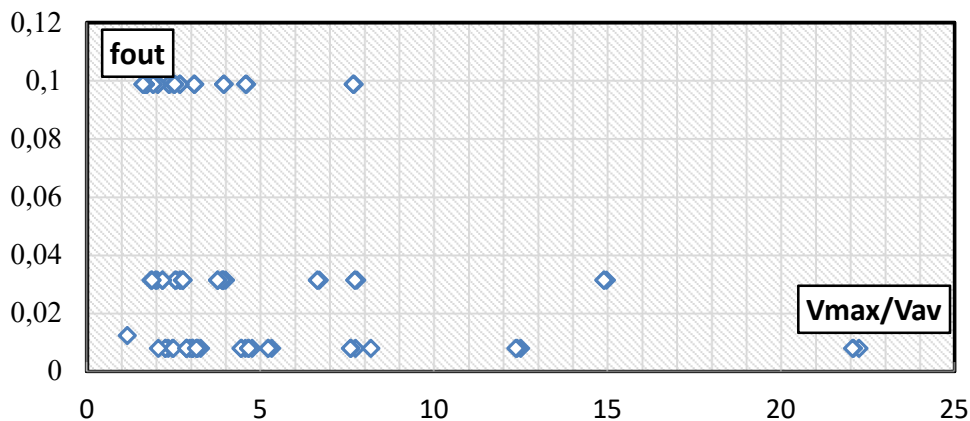


Рис. 10. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от площади выхода (вытяжного воздуховода)

Возрастание площади вытяжного воздуховода, присоединительного патрубка, приводит к снижению V_{max}/V_{av} , воздух начинает двигаться более равномерно в плоскости всасывания. Стоит отметить, что на спектр всасывания и как следствие на неравномерность всасывания окажет значительное влияние способ подключения зонта, особенности технологического процесса, конструктивные особенности укрытия. Но в целом исследуемые конструктивно-режимные характеристики вытяжного зонта отражают влияние основных факторов на равномерность всасывания.

Возрастание высоты зонта способствует выравниванию потока воздуха в плоскости всасывания и снижению V_{max}/V_{av} , что связано со снижением угла раскрытия вытяжного зонта. В ходе исследования изменялась скорость всасывания в вытяжном патрубке (воздуховоде) от 1 до 12 м/с, как и ожидалось скорость, а значит и расход воздуха не влияет на неравномерность всасывания в исследуемом диапазоне, для всех характерных случаев наблюдается одинаковые значения V_{max}/V_{av} .

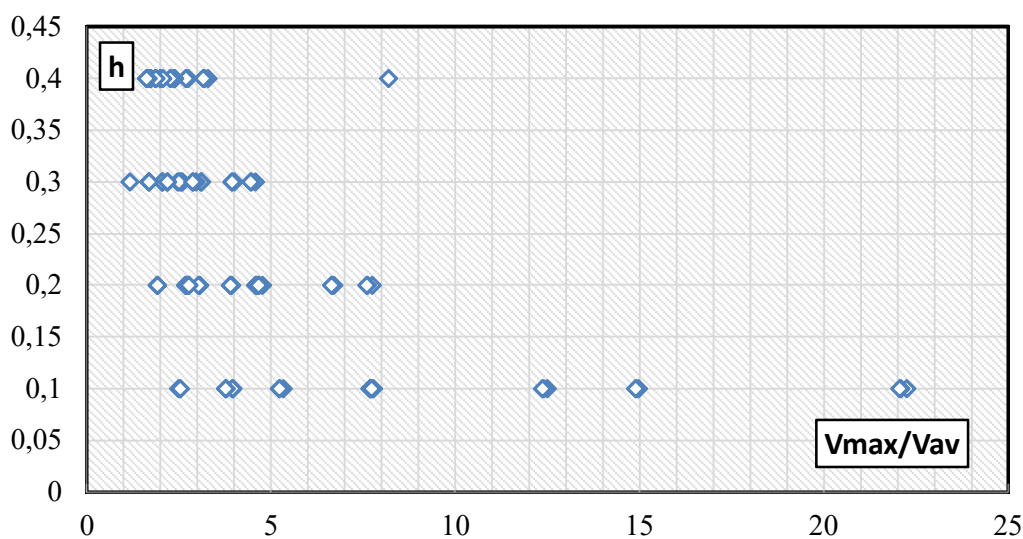


Рис. 11. Результаты расчета V_{max}/V_{av} в зависимости от высоты вытяжного зонта

Ряд результатов проведенных вычислительных экспериментов представлен на рис. 12–19.

Здесь можно увидеть картины поверхностей распределения скоростей в плоскости всасывания аспирационной воронки.

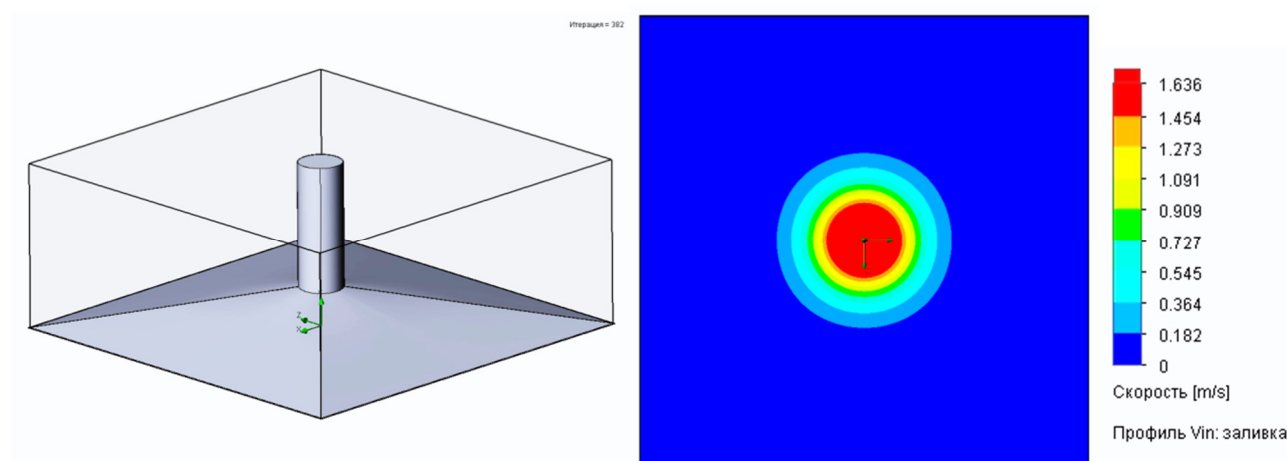


Рис. 12. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,1\text{ м}$; $V_{out}=12\text{ м/с}$; $A=1\text{ м}$; $h=0,1\text{ м}$.

Отклик: $V_{max}/V_{av}=22,06$; $V_{max}=2,45\text{ м/с}$

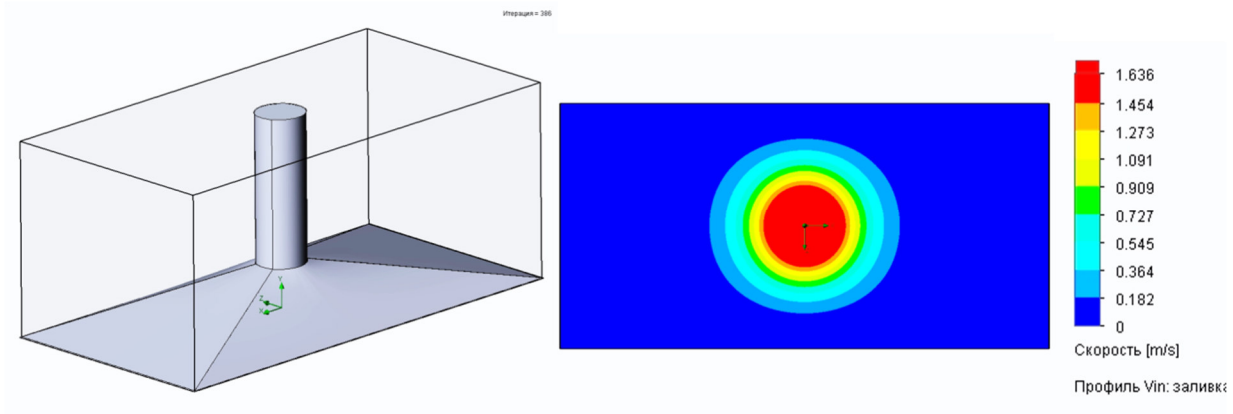


Рис. 13. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,1\text{ м}$; $V_{out}=12\text{ м/с}$; $A=0,5\text{ м}$; $h=0,1\text{ м}$.
Отклик: $V_{max}/V_{av}=12,38$; $V_{max}=2,57\text{ м/с}$

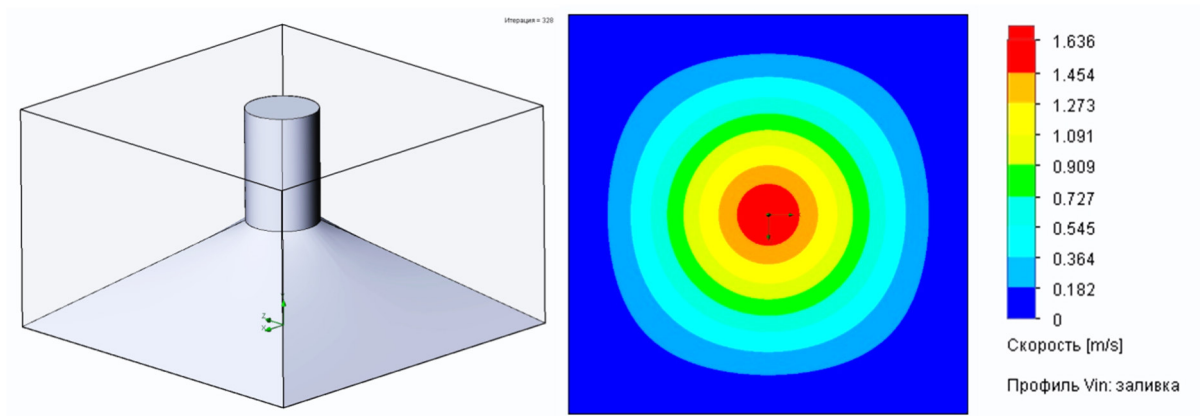


Рис. 14. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,2\text{ м}$; $V_{out}=12\text{ м/с}$; $A=1\text{ м}$; $h=0,3\text{ м}$.
Отклик: $V_{max}/V_{av}=3,93$; $V_{max}=1,5\text{ м/с}$

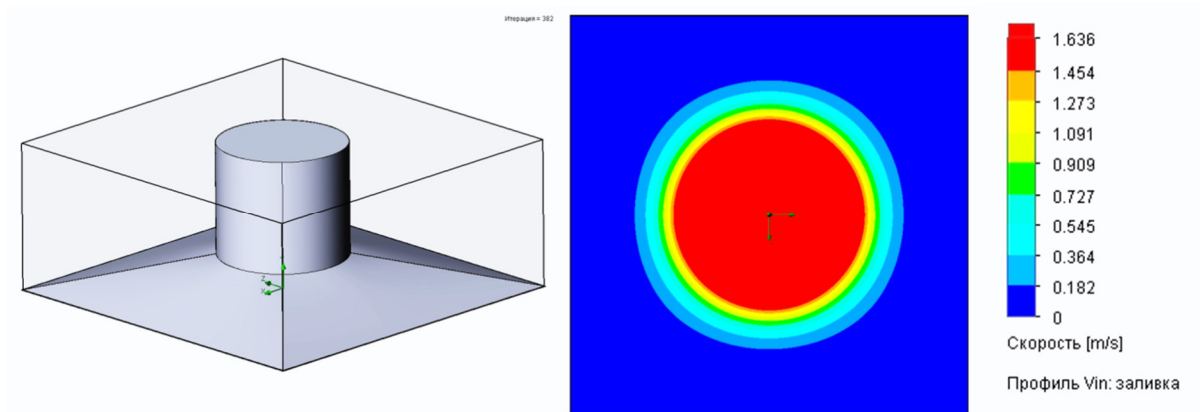


Рис. 15. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,355\text{ м}$; $V_{out}=8\text{ м/с}$; $A=1\text{ м}$; $h=0,3\text{ м}$.
Отклик: $V_{max}/V_{av}=3,93$; $V_{max}=6,28\text{ м/с}$

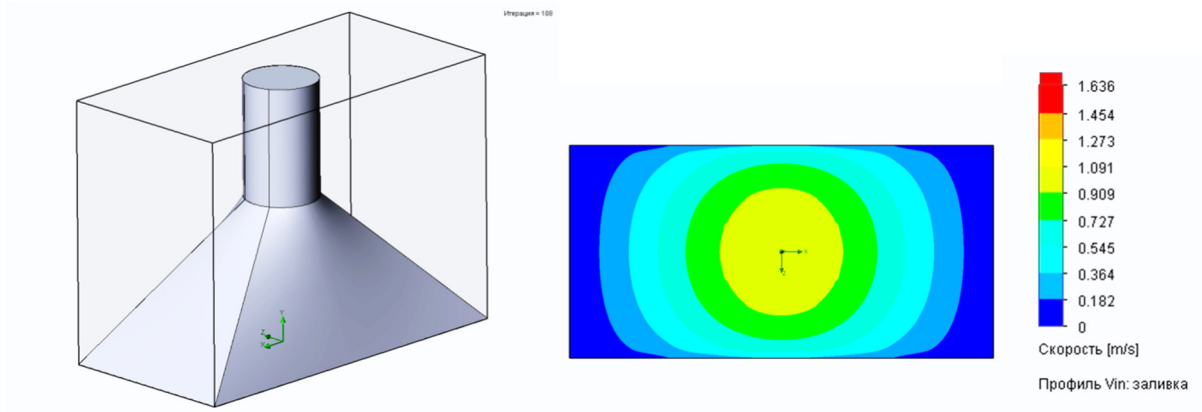


Рис. 16. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,2$ м; $V_{out}=8$ м/с; $A=0,5$ м; $h=0,4$ м.
Отклик: $V_{max}/V_{av}=1,98$; $V_{max}=1$ м/с

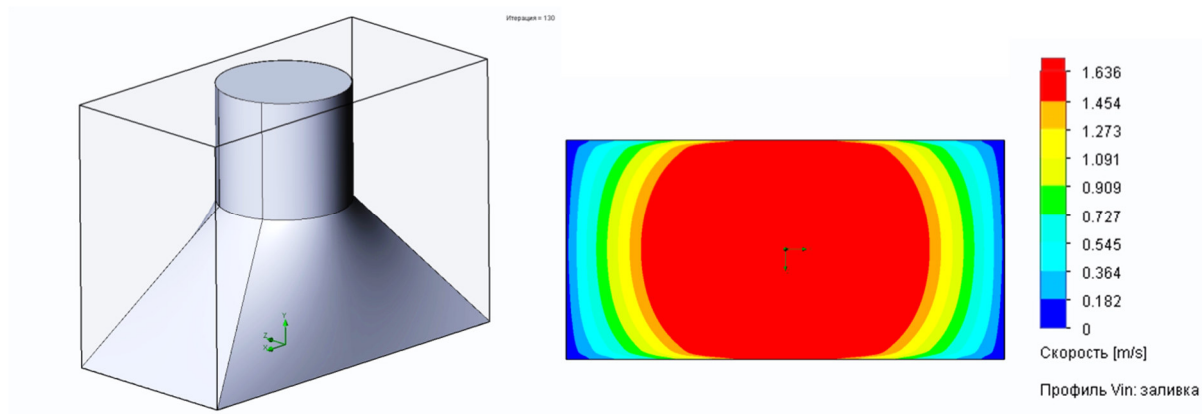


Рис. 17. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,355$ м; $V_{out}=8$ м/с; $A=0,5$ м; $h=0,4$ м.
Отклик: $V_{max}/V_{av}=1,72$; $V_{max}=2,73$ м/с

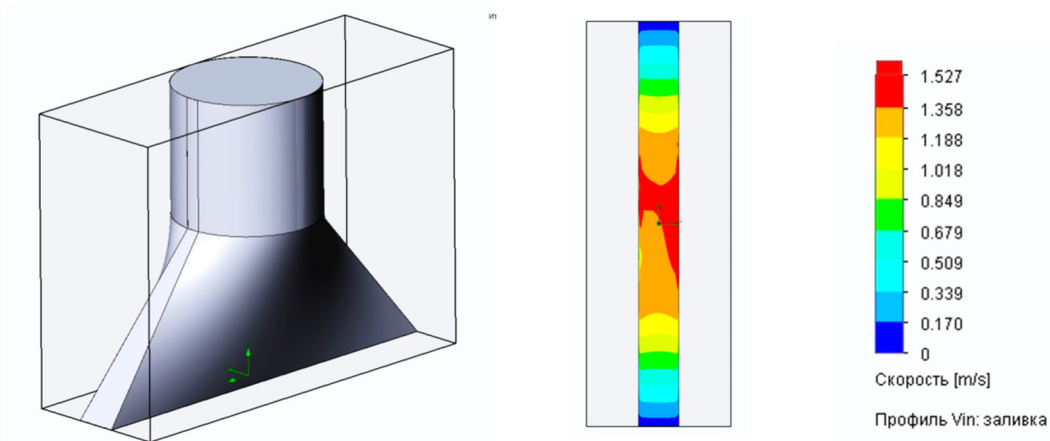


Рис. 18. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,355$ м; $V_{out}=1$ м/с; $A=0,1$ м; $h=0,4$ м.
Отклик: $V_{max}/V_{av}=1,65$; $V_{max}=1,63$ м/с

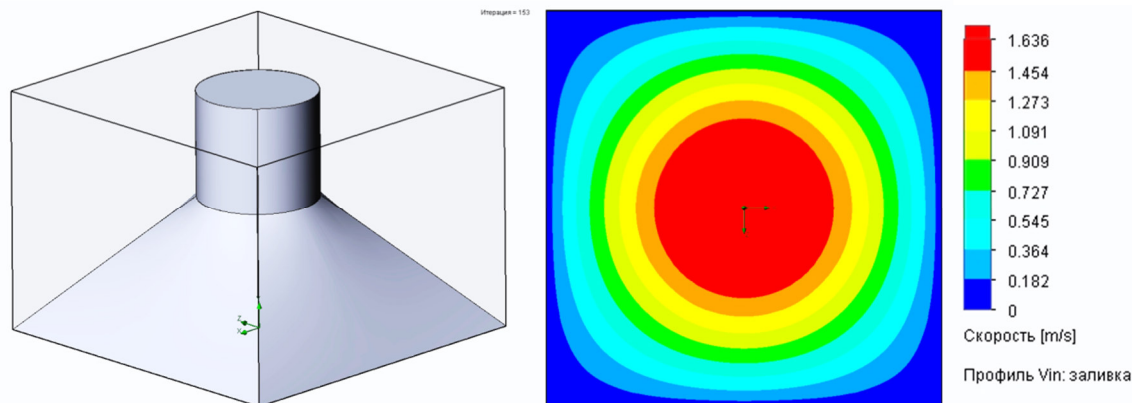


Рис. 19. Общий вид исследуемой конструкции аспирационной воронки и результаты построения профиля скоростей в плоскости всасывания при следующих факторах: $d=0,355$ м; $V_{out}=8$ м/с; $A=1$ м; $h=0,4$ м. Отклик: $V_{max}/V_{av}=2,36$; $V_{max}=1,87$ м/с

Выводы.

1. Основными факторами, оказывающими влияние на неравномерность всасывания, являются углы раскрытия зонты (β_{av} , β' , β) и соотношение площадей f_{out}/f_{in} . Повышение угла раскрытия способствует формированию вихревых зон и неэффективному распределению потока воздуха в аспирационной воронке, что и приводит к повышению скорости в аспирационной воронке и повышенному пылеуносу.

2. При углах раскрытия более 60° целесообразно использовать выравнивающие устройства, способствующие более эффективному распределению воздушного потока в аспирационной воронке путем выравнивания скорости по всему всасывающему сечению.

3. Выравнивание потоков в аспирационной воронке можно добиться за счет изменения площади всасывающего сечения и сохранения разности статических давлений по длине.

Источник финансирования. Грант Президента для научных школ НШ-25.2022.4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. Санкт-Петербург: изд-во Химиздат, 2005. 659 с.
2. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. М.: Стройиздат, 1954. 288 с.
3. Аверкова О.А., Логачев К.И., Уваров В.А. Энергосбережение в системах вытяжной вентиляции // Строительство и техногенная безопасность. 2018. №11 (63). С. 137–145
4. Идельчик И.Е., Штейнберг М.О. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.
5. Идельчик И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов. (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов). М.: Машиностроение, 1983. 351 с.

6. Ходаков И.В. Численное и экспериментальное исследование отрыва потока на входе во всасывающие каналы с механическими экранами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 3. С. 6–12.

7. Баландина Л.Я., Шарпет В.Э. Пути повышения энергоэффективности способов воздухораспределения // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2012. № 5. С. 10–17.

8. Kosonen R., Mustakallio P. Воздухораспределение в школьных классах // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2016. № 1. С. 30–39.

9. Зимин А.В. Системы воздухораспределения камер хранения плодоовощной продукции // Холодильная техника и технология. 2015. Т. 51. № 3. С. 10–13. DOI 10.15673/0453-8307.3/2015.39271.

10. Казаков Б.П., Шалимов А.В. Сравнительный анализ методов расчета воздухораспределения в рудничных вентиляционных сетях // Горное эхо. 2009. № 1(35). С. 17–20.

11. Королева Т.И., Ланкович С.В., Ковалевский П.Е., Яковенко С.А. Исследование способов воздухораспределения текстильными воздуховодами // Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации: сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета (Новополоцк, 05-06 апреля 2018г.), Новополоцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет». 2018. С. 328–332.

12. Зиганшин А.М., Бадыкова Л.Н. Численное моделирование течения в профилированном вентиляционном тройнике на слиянии // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 6(702). С. 41–48.

13. Balestrin E., Decker R.K., Noriler D., Bastos J.C.S.C., Meier H.F. An Alternative for the Collection of Small Particles in Cyclones: Experimental Analysis and CFD Modeling // Separation and Purification Technology. 2017. Vol. 184. Pp. 54–65. doi: 10.1016/j.seppur.2017.04.023

14. Wang P.F., Gao R.Z., Liu R.H., Yang F.Q. CFD-Based Optimization of the Installation Location of the Wall-Mounted Air Duct in a Fully Mechanized Excavation Face // Process Safety and Environmental Protection. 2020. Vol. 141. Pp. 234–245. doi: 10.1016/j.psep.2020.04.049

15. Ganegama Bogodage S., Leung A.Y.T. CFD simulation of cyclone separators to reduce air pollution // Powder Technology. 2015. (286). Pp. 488–506.

16. Katare P. CFD analysis of cyclone separator used for fine filtration in separation industry // Case Studies in Thermal Engineering. 2021. (28). Pp. 101384.

17. Logachev K.I., Puzanok A.I., Zorya V.U. Numerical study of aerosol dust behaviour in aspiration bunker // Proceedings European Conference on Computational Fluid Dynamics ECCOMAS CFD 2006. Egmond aan Zee. The Netherlands. 2006. 11 p.

18. Нагорная А.Н., Денисюк Е.В. CFD-моделирование теплового и воздушного режима кинотеатра // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Т. 13. № 2. С. 61–64.

19. Хохуля М.С., Фомин А.В. CFD моделирование разделения минеральных частиц в гидравлическом сепараторе с наклонными пластинами // Труды Кольского научного центра РАН. 2014. № 5(24). С. 239–245.

20. Зубанов В.М., Шаблий Л.М. CFD-моделирование процессов в насосе высокого давления окислителя турбонасосного агрегата жидкостного ракетного двигателя // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2014. № 5-1(47). С. 148–153.

21. Арбатский А.А., Глазов В.С. Расчет систем вентиляции производственных и общественных зданий с применением средств CFD-моделирования // Современные задачи инженерных наук: сборник научных трудов VI-ого Международного научно-технического Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ - 2017» (Москва, 11–12 октября 2017 г.). М.: ФГБОУ ВПО МГУДиТ. 2017. С. 176–180.

Информация об авторах

Гольцов Александр Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: abgolcov@gmail.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 21.10.2022 г.

© Гольцов А.Б., 2023

Goltsov A.B.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

E-mail: abgolcov@gmail.com

IDENTIFICATION OF FACTORS AFFECTING THE UNIFORMITY OF SUCTION BY SUCTION FUNNEL

Abstract. *Effective localization of dust sources is possible through the use of a dust-removing ventilation complex, which includes aspiration, general ventilation and secondary dust control. Aspiration systems ensure the removal of dusty air with its subsequent purification and utilization of the trapped dust. The creation of vacuum in the shelters of technological equipment helps to prevent dust from being knocked out into the air of the working area.*

Aspiration systems include various functional elements: fans, dust collectors, air ducts, aspiration shelters and funnels (pipes). The key factors affecting the energy costs of aspiration systems are the volumes and characteristics of the treated air, aerodynamic drag and the efficiency of the equipment used.

This article is devoted to identifying factors that affect the uniformity of air removal from shelters by aspiration nozzles and ways to improve them using numerical CFD modeling methods. Understanding the factors that affect the uniformity of the removal of dusty air from shelters will allow us to assess the degree of uneven suction, highlight the criteria for its assessment, propose technical solutions that help equalize flows in relation to aspiration systems, show the effectiveness of numerical CFD modeling methods by comparing with reference and experimental data.

Keywords: *aspiration, suction pipe, dust removal, localization of dust emissions, uniform flow.*

REFERENCES

1. Logachev I.N., Logachev K.I. Aerodynamic fundamentals of aspiration [Ae`ro-dinamicheskie osnovy` aspiracii]. St. Petersburg: Himizdat, 2005. 659 p. (rus)
2. Taliev V.N. Aerodynamic ventilation [Ae`ro-dinamika ventilyacii]. M.: Stroyizdat, 1954. 288 p. (rus)
3. Averkova O.A., Logachev K.I., Uvarov V.A. Energy saving in exhaust ventilation systems [E`nergosberezhenie v sistemax vy`tyazhnoj ventilyacii]. Construction and technogenic safety. 2018. No. 11 (63). Pp. 137–145. (rus)
4. Idelchik I.E., Steinberg Ed.M.O. Handbook of hydraulic resistance [Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam]. 3rd ed. Revised. and additional. M.: Engineering. 1992. 672 p. (rus)
5. Idelchik I.E. Aerodynamics of technological apparatuses. (Inlet, outlet and distribution of the flow over the cross section of the devices) [Ae`ro-dinamika texnologicheskix apparatov. (Podvod, otvod i raspredelenie potoka po secheniyu apparatov)]. M.: Mashinostroenie. 1983. 351 p. (rus)
6. Khodakov I.V. Numerical and experimental study of flow separation at the inlet to suction channels with mechanical screens [Chislennoe i e`kspierimental`noe issledovanie otry`va potoka na vxode vo vsasy`vayushhie kanaly` s mexanicheskimi e`kranami]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 3. Pp. 6–12. (rus)
7. Balandina L.Ya., Shkarpet V.E. Ways to improve the energy efficiency of air distribution methods [Puti povy`sheniya e`nergoe`ffektivnosti sposobov vozduxoraspredeleniya]. ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermal physics. 2012. No. 5. Pp. 10–17. (rus)
8. Kosonen R. Mustakallio P. Air distribution in school classrooms [Vozduxoraspredelenie v shkol`ny`x klassax]. ABOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and building thermal physics. 2016. No. 1. Pp. 30–39. (rus)
9. Zimin A.V. Air distribution systems for fruit and vegetable storage chambers [Sistemy` vozduxoraspredeleniya kamer xraneniya plodoovoshhnoj produkcii]. Refrigeration equipment and technology. 2015. Vol. 51. No. 3. Pp. 10–13. doi: 10.15673/0453-8307.3/2015.39271. (rus)
10. Kazakov B.P., Shalimov A.V. Comparative analysis of methods for calculating air distribution in mine ventilation networks [Sravnitel`ny`j analiz metodov rascheta vozduxoraspredeleniya v rudnichny`x ventilyacionny`x setyax]. 2009. No. 1 (35). Pp. 17–20. (rus)
11. Koroleva T.I., Lankovich S.V., Kovalevsky P.E., Yakovenko S.A. Study of air distribution methods by textile air ducts [Issledovanie sposobov vozduxoraspredeleniya tekstil`ny`mi vozduxovodami]. Architectural and building complex: problems, prospects, innovations: collection of articles of the international scientific conference, dedicated to the 50th anniversary of Polotsk State University (Novopolotsk, 05–06 April 2018). Novopolotsk: Educational Establishment “Polotsk State University”. 2018. Pp. 328–332. (rus)
12. Ziganshin A.M., Badykova L.N. Numerical simulation of flow in a profiled vent tee for confluence [Chislennoe modelirovanie techeniya v profilirovannom ventilyacionnom trojnikе na sliyanie]. Construction. 2017. No. 6 (702). Pp. 41–48. (rus)
13. Balestrin E., Decker R.K., Noriler D., Bastos J.C.S.C., Meier H.F. An Alternative for the Collection of Small Particles in Cyclones: Experimental Analysis and CFD Modeling. Separation and Purification Technology. 2017. Vol.184. Pp. 54–65. doi: 10.1016/j.seppur.2017.04.023
14. Wang P.F., Gao R.Z., Liu R.H., Yang F.Q. CFD-Based Optimization of the Installation Location of the Wall-Mounted Air Duct in a Fully Mechanized Excavation Face. Process Safety and Environmental Protection. 2020. Vol. 141. Pp. 234–245. doi: 10.1016/j.psep.2020.04.049
15. Ganegama Bogodage S., Leung A.Y.T. CFD simulation of cyclone separators to reduce air pollution. Powder Technology. 2015. 286. Pp. 488–506.
16. Katare P. CFD analysis of cyclone separator used for fine filtration in separation industry. Case Studies in Thermal Engineering. 2021. 28. 101384.
17. Logachev K.I., Puzanok A.I., Zorya V.U. Numerical study of aerosol dust behaviour in aspiration bunker. Proceedings European Conference on Computational Fluid Dynamics ECCOMAS CFD 2006. Egmond aan Zee. The Netherlands. 2006. 11 p.
18. Nagornaya A.N., Denisjuk E.V. CFD modeling of the thermal and air regime of a cinema [CFD-modelirovanie teplovogo i vozduzhnogo rezhima kinoteatra]. Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and architecture. 2013. Vol. 13. No. 2. Pp. 61–64. (rus)
19. Khokhulya M.S., Fomin A.V. CFD modeling of mineral particle separation in a hydraulic separator with inclined plates [CFD modelirovanie razdeleniya mineral`ny`x chasticz v gidravlicheskome separatore s naklonny`mi plastinami]. Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2014. No. 5 (24). Pp. 239–245. (rus)
20. Zubanov V.M., Shabliy L.S. CFD-simulation of processes in the high-pressure pump of the oxidizer of a turbopump unit of a liquid-propellant rocket engine [CFD-modelirovanie processov v nase vy`sokogo davleniya okislitelya turbonasosnogo agregata zhidkostnogo raketnogo dvigatelya]. Bulletin of the Samara State Aerospace University.

Academician S.P. Korolev (National Research University). 2014. No. 5-1 (47). Pp. 148–153. (rus)

21. Arbatsky A.A., Glazov V.S. Calculation of ventilation systems for industrial and public buildings using CFD-modeling tools [Расчет систем вентиляции производственных и общественных зданий

s primeneniem sredstv CFD-modelirovaniya]. Modern problems of engineering sciences: collection of scientific papers of the VI-th International Scientific and Technical Symposium “Modern Energy and Resource Saving Technologies SETT – 2017” (Moscow, October 11–12, 2017). M.: FSBEI HPE MSUD&T. 2017. Pp. 176–180. (rus)

Information about the authors

Goltsov, Alexander B. PhD. E-mail: abgolcov@gmail.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 21.10.2022

Для цитирования:

Гольцов А.Б. Выявление факторов, влияющих на равномерность всасывания аспирационными воронками // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 1. С. 19–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-19-31

For citation:

Goltsov A.B. Identification of factors affecting the uniformity of suction by suction funnel. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 1. Pp. 19–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-19-31