



Ю. Р. Дадак¹, А. В. Ляшеник², Л. О. Тисовський¹

¹Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

²Коломийський політехнічний коледж НУ "Львівська політехніка", м. Коломия, Україна

ЧИСЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ АСПІРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На основі створених авторами та описаних раніше математичних моделей і підходів до вивчення впливу окремих елементів циклона на його аеродинамічні характеристики, досліджено вплив геометричних параметрів конфузора на аеродинаміку потоку в трубопроводі аспіраційної системи та значення втрат тиску. Дослідження проведено шляхом моделювання процесів руху повітряних потоків у трубопроводі аспіраційної системи за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення в середовищі MathCad та Flowvision. Актуальність досліджень підтверджується широким запровадженням аспіраційних систем у деревообробній галузі, що зумовлено вимогами щодо покращення умов праці на виробництвах. Одночасно експлуатація систем аспірації невіддільно пов'язана з високими затратами електроенергії, необхідної для забезпечення ефективних режимів їх роботи. Саме тому для підвищення ефективності та зниження енергозатрат на їх експлуатацію потрібно шукати підходи для зменшення втрат тиску, які виникають у повітропроводі під час руху суміші повітря та транспортованого матеріалу. Для вирішення цієї задачі потрібно дослідити окремі елементи аспіраційних систем та визначити розподіл полів тисків та швидкостей руху повітряного потоку, що зумовлені їх параметрами та конструктивними особливостями. Результати таких досліджень дадуть змогу запропонувати ефективні технічні рішення для вдосконалення наявних конструкцій аспіраційних систем, а також раціональні технічні рішення на етапі їх проектування.

Ключові слова: дифузор; конфузор; поле швидкостей; приповерхневий шар; імітаційне моделювання; числовий аналіз.

Вступ. Сучасні підходи до організації виробничого процесу на деревообробних підприємствах зумовлюють необхідність використання високоефективних систем аспірації, які сьогодні є невід'ємною частиною більшості технологічних процесів. Разом з тим експлуатація систем аспірації невід'ємно пов'язана з високими затратами електроенергії, необхідної для забезпечення ефективних режимів їх роботи. Саме тому для підвищення ефективності та зниження енергозатрат на їх експлуатацію потрібно шукати підходи для зменшення втрат тиску, які виникають у повітропроводі під час руху суміші повітря та транспортованого матеріалу. Для вирішення цієї задачі потрібно дослідити окремі елементи аспіраційних систем та визначити розподіл полів тисків та швидкостей руху повітряного потоку, що зумовлені їх параметрами. Результати таких досліджень дадуть змогу запропонувати ефективні технічні рішення для вдосконалення наявних конструкцій аспіраційних систем, а також раціональні технічні рішення на етапі їх проектування.

У системах аспірації доволі часто використовують пристрої для зміни діаметра трубопроводу з меншого на більший, або навпаки. Частину трубопроводу, у якій

швидкість потоку повітря поступово зростає внаслідок зменшення діаметра, називають конфузором (рис. 1). У разі, коли швидкість потоку повітря знижується внаслідок зростання перерізу трубопроводу – маємо справу з дифузором. Конфузори та дифузори одночасно з такими елементами як коліна значною мірою визначають значення гідравлічного опору систем аспірації, що, своєю чергою, впливає на витрати енергії на забезпечення ефективних режимів їх експлуатації. Зважаючи на позитивний досвід, який набуто під час вивчення окремих елементів циклона на його аеродинамічні характеристики (Liutyi et al., 2009; Tysovskiy et al., 2009, 2010; Dadak et al., 2015; Liashenyk et al., 2011, 2012), вважаємо корисним провести дослідження впливу окремих елементів аспіраційної системи на основі запропонованої раніше математичної моделі (Tysovskiy et al., 2009, 2010).

Аналіз досліджень і публікацій. Питання дослідження окремих елементів аспіраційних систем з метою підвищення їх енергоощадності та ефективності розглядали автори в низці публікацій, що базуються як на власних дослідженнях, так і на класичних теоріях.

Втрати тиску в конфузори визначають за допомогою

Інформація про авторів:

Дадак Юрій Романович, канд. техн. наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів.

Email: yuriydadak@gmail.com

Ляшеник Андрій Васильович, канд. техн. наук, доцент, викладач. Email: lyashenyk@mail.ru

Тисовський Любомир Осипович, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри прикладної механіки. Email: Tlo10@ukr.net

Цитування за ДСТУ: Дадак Ю. Р., Ляшеник А. В., Тисовський Л. О. Числове дослідження впливу окремих елементів аспіраційної системи на її експлуатаційні характеристики. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(6). С. 164–167.

Citation APA: Dadak, Yu. R., Lyashenyk, A. V., & Tysovskiy, L. O. (2017). Numerical Study of the Effect of Selected Elements of the Aspiration System on its Operating Performance. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(6), 164–167. <https://doi.org/10.15421/40270633>

формули Дарсі-Вейсбаха, з використанням емпіричних залежностей, які запропонував І.Е. Ідельчик (Idelchik, 1954).

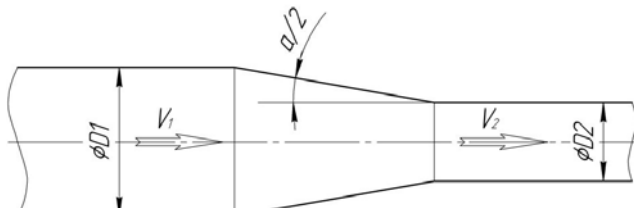


Рис. 1. Схема конфузора

Формула Дарсі-Вейсбаха в гідроаеродинаміці – емпірична формула, що визначає втрати напору або втрати тиску за турбулентного режиму протікання нестискуваної рідини на гідравлічних опорах. Вважають, що втрати тиску (ΔP) на гідравлічному опорі будуть пропорційні квадрату швидкості (V), помноженому на коефіцієнт гідравлічного опору (ξ) та обернено пропорційні прискоренню земного тяжіння (g). Тобто

$$\Delta P = \xi \frac{V^2}{2g}$$

Для конфузора $\xi = \frac{\lambda_T}{8 \sin \alpha / 2} (1 - \frac{1}{n^2})$, де $n = \frac{S_1}{S_2}$ – степінь звуження, λ_T – коефіцієнт втрат по довжині трубопроводу за турбулентного режиму руху потоку. У разі раптового розширення потоку ($\alpha/2=90^\circ$) коефіцієнт гідравлічного опору (ξ) визначають із залежності

$$\xi = \frac{1 - S_2 / S_1}{2}$$

де S_1 та S_2 – площа поперечного перерізу трубопроводу, відповідно, перед звуженням та після нього.

Об'єкти та методика дослідження. Досліджували рух повітряного потоку в конфузори, геометричні розміри якого були такими:

$\varnothing D_1=400\text{мм}$, $\varnothing D_2=200\text{мм}$, $\angle \alpha/2$ змінювався від 20° до 180° , загальна довжина трубопроводу – 3 м.

Для досліджень використовували математичну модель (Tysovskiy et al., 2009, 2010), для реалізації якої використовували середовища Flowvision, MathCAD.

Гідравлічний опір трубопроводу визначали як різницю повних тисків на вході і на виході з нього. Дослідження проводили за умов ламінарного та турбулентного режиму руху повітряного потоку.

Результати дослідження. На рис. 2 представлено графік залежності гідравлічного опору (ΔP) конфузора від значення кута $\alpha/2$.

Графік залежності має нелінійний характер. Зі зростанням значення кута $\alpha/2$ у проміжку від 10° до 45° повільно зростає гідравлічний опір конфузора від 10 Па до 50 Па за ламінарного руху (див. рис. 2, а, крива 2) та від 18 Па до 50 Па за турбулентного руху (рис. 2, б, крива 2). Доволі цікаві результати отримані за кутів $\alpha/2=85^\circ$. У проміжку $84 < \alpha/2 < 86$ гідравлічний опір конфузора, то знижуються то знову зростає. За $\alpha/2 > 87^\circ$ гідравлічний опір знижується до значення близько 55 Па – за ламінарного та 92 Па – за турбулентного режимів руху повітря. Такі значення гідравлічного опору за $60^\circ < \alpha/2 < 87^\circ$ можуть бути пояснені відривами потоку повітря у конфузори, що призводить до підвищення ступеня турбулізації потоку. Тому під час проектування

конфузорів варто вибирати значення кутів $\alpha/2 < 30^\circ$. Подібні висновки трапляються й у літературі.

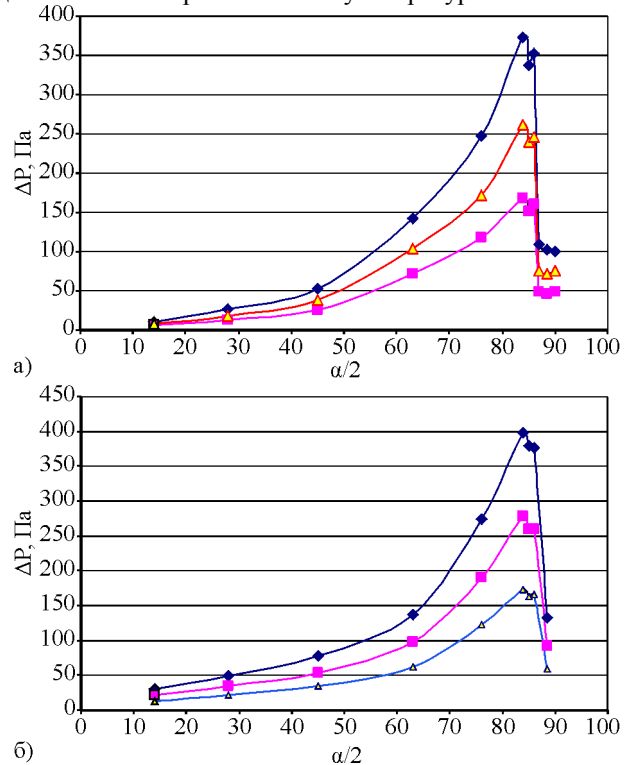


Рис. 2. Залежність значення гідравлічного опору конфузора від значення кута $\alpha/2$ за умов ламінарного (а) та турбулентного (б) режиму руху повітряного потоку

На рис. 3 представлено розподіл швидкості потоку у площині, яка проходить через вісь конфузора при куті $\alpha/2$ відповідно рівному 10° (див. рис. 3, а), 28° (див. рис. 3, б), 80° (див. рис. 3, в), 90° (див. рис. 3, г).

Проведений аналіз дає змогу зробити висновок про те, що геометричні розміри конфузора мають значний вплив на характер руху повітряного потоку у трубопроводі як до, так і після нього. За зростанням значення кута $\alpha/2$ розподіл у трубопроводі після конфузора стає нерівномірнішим. Поблизу зовнішніх стінок спостерігаються швидкості потоку, значення яких є близьким до нуля (див. рис. 3; в, г). Таке явище призводить до зменшення "живого" перерізу трубопроводу, внаслідок чого буде зростати його гідравлічний опір.

Геометричні розміри конфузора мають значний вплив на характер руху повітряного потоку після такого пристрою. На рис. 4 представлено характер розподілу тангенціальної складової швидкості потоку повітря у трубопроводі. Можемо зробити висновок, що зі зростанням значення кута $\alpha/2$ вище 30° потік починає обертатися ще до конфузора. З іншого боку, після конфузора потік повітря обертається обов'язково. За значень $\alpha/2 = 10^\circ$ та $\alpha/2 = 28^\circ$ значення тангенціальної складової швидкості потоку повітря відповідно близькі до 18 м/с та 21 м/с. За значень $\alpha/2 = 80^\circ$ відразу після конфузора виникає ділянка, де тангенціальна складова швидкості потоку близька до 30 м/с. Тобто утворюється вторинний потік, наявність якого значною мірою підвищує значення гідравлічного опору повітропроводу. За значень $\alpha/2 = 90^\circ$ такий вихор зникає і тангенціальна складова швидкості потоку є близькою до 24 м/с. Умови виникнення та природу такого вихору буде досліджено у наступних публікаціях, але, на нашу думку, саме його

існування є причиною зниження гідравлічного опору конфузора після значення $\alpha/2 > 82^\circ$.

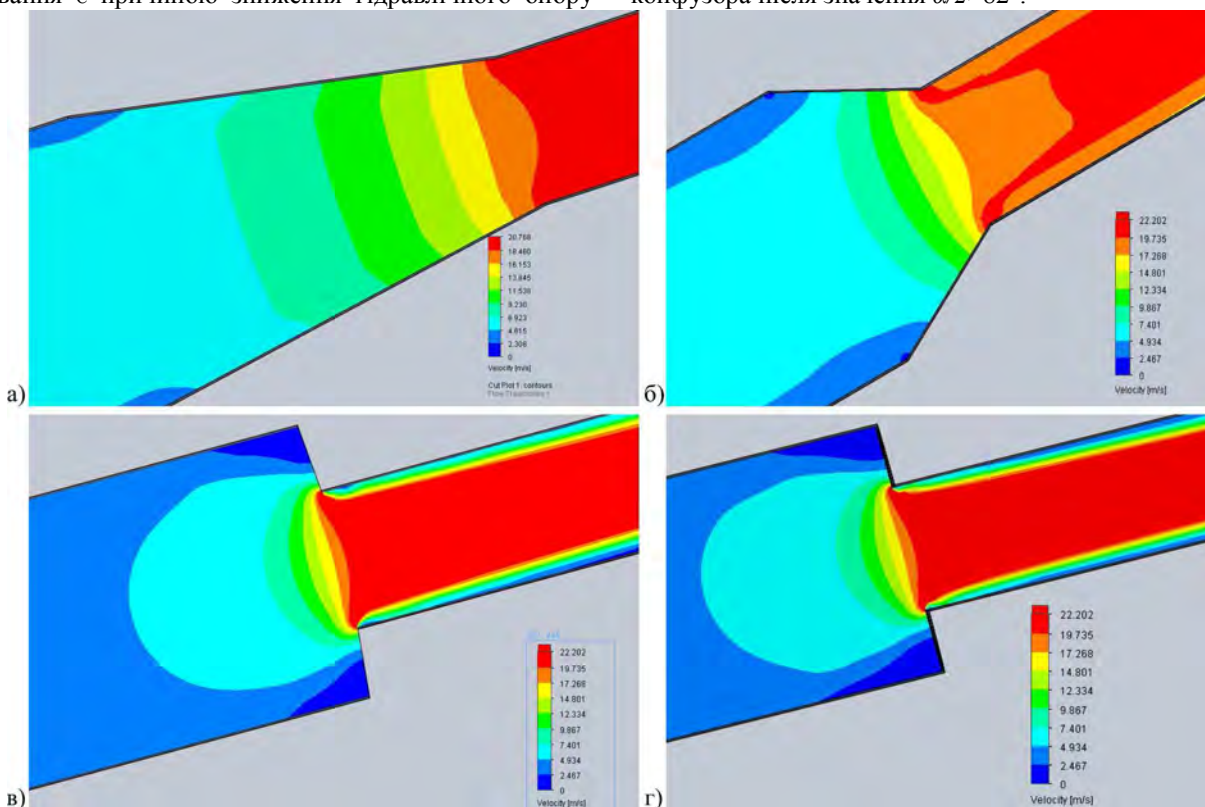


Рис. 3. Графіки розподілу швидкості потоку повітря при куті $\alpha/2$ рівному 10° (а), 28° (б), 80° (в), 90° (г)

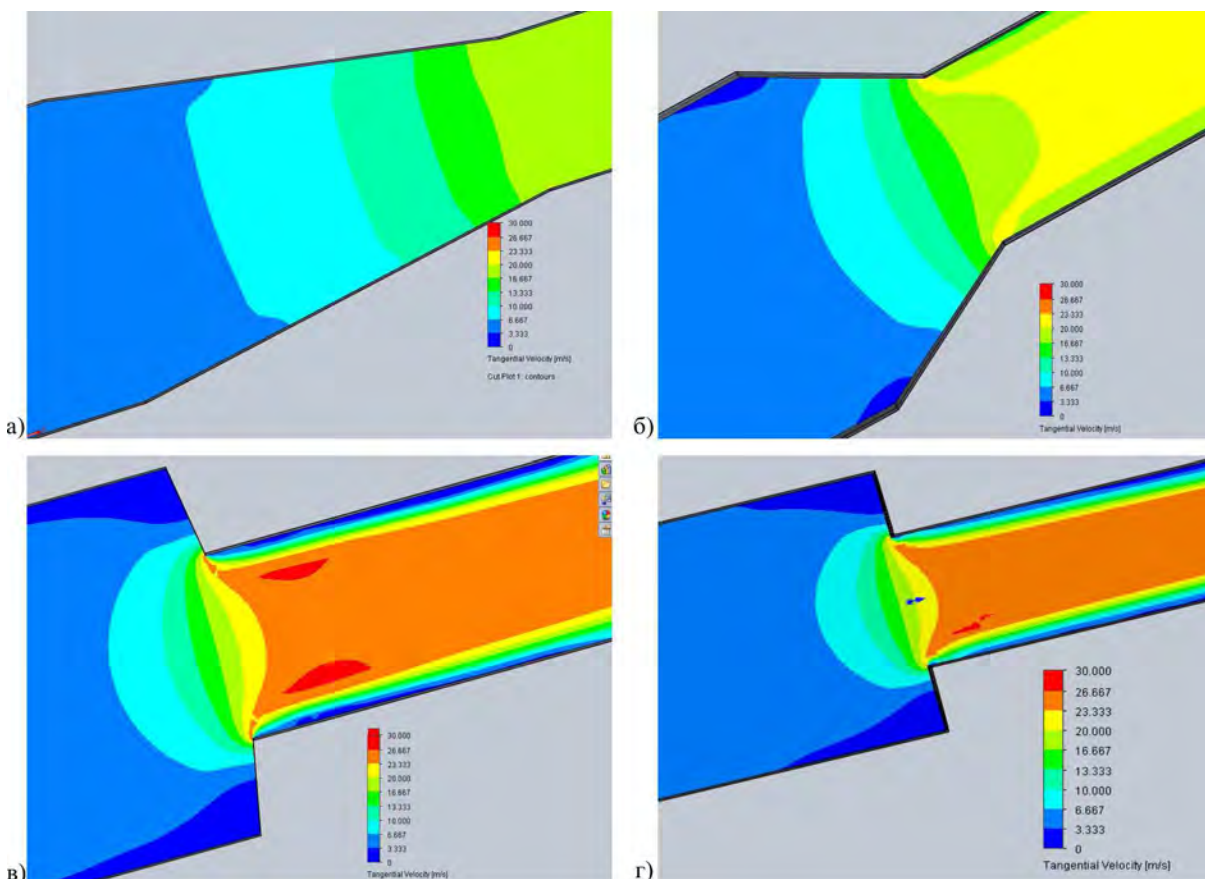


Рис. 4. Графіки розподілу тангенціальної складової швидкості потоку повітря за кута $\alpha/2$ рівного 10° (а), 28° (б), 80° (в), 90° (г)

Висновки. На основі розробленої математичної моделі потрібно проаналізувати рух потоку та експлуатаційні характеристики таких елементів аспіраційної системи, як дифузори, коліна, переходи із круглого перерізу на квадратний, а також розробити комплексні реко-

мендації щодо впливу окремих конструкційних елементів аспіраційної системи на її енергоощадність та продуктивність.

Перелік використаних джерел

- Dadak, Yu. R., Lyashenyk, A. V., Tysovsky, L. O., Dorundiak, L. M. (2015). Effect of geometrical dimensions of cyclone on its hydraulic resistance. *Collection of scientific articles "Energy, energy saving and rational nature use"*, 2(5), 5–12. Radom (Poland): Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom.
- Idelchik, I. E. (1954). *Gidravlicheskie soprotivleniia: (fiziko-mekhanicheskie osnovy)*. Moscow: Gosenergoizdat. 316 p. [in Russian].
- Liashenyk, A. V., Tysovskyi, L. O., Dorundiak, L. M., & Dadak, Yu. R. (2012). Doslidzhennia vplyvu bunkera na aerodynamiku tsyklona shliakhom modeliuвання protsesiv zasobamy Cosmos Floworks. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(1), 113–119. [in Ukrainian].
- Liashenyk, A. V., Tysovskyi, L. O., Dorundiak, L. M., Dadak, Yu. R., & Krupa, V. M. (2011). Pro vplyv heometrychnykh rozmiriv

- tsyklona na yoho hidravlichnyi opir. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(6), 71–77. [in Ukrainian].
- Liutyi, Ye. M., Tysovskyi, L. O., Dadak, Yu. R., & Liashenyk, A. V. (2009). *Tsyklomy v derevoobrobnyy promyslovosti*. Lviv: Redaktsiia zhurnalu "Ukrainskyi pasichnyk". 148 p. [in Ukrainian].
- Tisovskii, L. O., Dorundiak, L. M., Liashenyk, A. V., Dadak, Yu. R. (2009). Matematicheskoe modelirovanie aerodinamicheskikh protsessov v teiklone. *Noveishie dostizheniia v oblasti importozameshheniia v khimicheskoi promyshlennosti i proizvodstve stroitelnykh materialov i perspektivy ikh razvitiia: Materialy mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. (in 2 parts)*. Minsk, 25-27 november 2009, (pp. 188–182). MN BGTU (part 2). [in Russian].
- Tysovskyi, L. O., Dorundiak, L. M., Liashenyk, A. V., & Dadak, Yu. R. (2010). Pobudova matematychnoi modeli dlia zadachi pro rukh povitria v tsykloni. *Vseukrainskyi naukovy-tekhnichnyi zhurnal PHiP*, 2(28), 57–62. [in Ukrainian].

Ю. Р. Дадак¹, А. В. Ляшенок², Л. О. Тысовский¹

¹Национальный лесотехнический университет Украины, г. Львов, Украина

²Колумыйский политехнический колледж НУ "Львовская политехника", г. Коломыя, Украина

ЧИСЛОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АСПИРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На основании разработанных авторами ранее опубликованных математических моделей и подходов к изучению влияния отдельных элементов циклона на его аэродинамические характеристики, исследованы геометрические параметры конфузора на аэродинамику потока в трубопроводе аспирационной системы и значения потерь давления. Исследование проведено путем моделирования процессов перемещения воздушных потоков в трубопроводе аспирационной системы средствами специализированного программного обеспечения в среде MathCad и Flowvision. Актуальность исследований подтверждается широким внедрением аспирационных систем в деревообрабатывающей отрасли, что обусловлено требованиями к улучшению условий труда на предприятиях. В то же время эксплуатация систем аспирации неотделимо связана с высоким энергопотреблением, необходимым для обеспечения эффективных режимов их работы. Поэтому для повышения эффективности и уменьшения энергопотребления на их эксплуатацию нужно искать подходы для уменьшения потерь давления, что возникают в воздухопроводе во время движения воздуха и транспортированного материала. Для решения этой задачи следует исследовать отдельные элементы аспирационных систем и определить распределение полей давлений и скоростей движения воздушного потока, что обусловлены их параметрами и конструктивными особенностями. Результаты таких исследований позволят предложить эффективные технические решения для усовершенствования существующих конструкций аспирационных систем, а также рациональные технические решения на этапе их проектирования.

Ключевые слова: диффузор; конфузор; поле скоростей; приграничный слой; имитационное моделирование; числовой анализ.

Yu. R. Dadak¹, A. V. Lyashenyk², L. O. Tysovskiy¹

¹Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

²Kolomyia Polytechnic College Lviv Polytechnic National University, Kolomyia, Ukraine

NUMERICAL STUDY OF THE EFFECT OF SELECTED ELEMENTS OF THE ASPIRATION SYSTEM ON ITS OPERATING PERFORMANCE

The article, based on the mathematical models and approaches to the study of effects of selected cyclone elements on its aerodynamic properties, which have been already developed and described by the authors, considers impact of the confuser's geometric parameters on the flow aerodynamics in the aspiration system pipeline and the pressure loss. The research was carried out by simulating the airflow movements in the aspiration system pipeline using the specialized software in the MathCad and Flowvision environments. Relevance of the research is confirmed by the wide application of aspiration systems in the woodworking industry, as required to meet requirements for improving the industrial working standards. At the same time, the operation of aspiration systems is linked to the high costs of electricity to provide efficient modes of operation. That is why, in order to increase efficiency and reduce energy costs for their operation, it is necessary to find approaches to reduce the pressure losses in the pipeline during the movement of the air and material mixture. To solve this problem, it is necessary to study individual elements of aspiration systems and describe the distribution of pressure fields and airflow rates, which are determined by their parameters and design. The research results would enable us to implement effective technical solutions to improve the existing structures of aspiration systems, as well as to offer rational technical solutions at the design stage. Aspiration systems often use devices to change the pipeline diameter from smaller to larger ones, or vice versa. Confusers and diffusers, along with such elements as turning joints, largely determine the values of hydraulic resistance of the aspiration systems, which in turn affects the energy consumption for an effective mode of operation. Given the positive experience obtained by the study effect of individual elements of the cyclone and its aerodynamic characteristics, the authors explored impact of certain elements of the aspiration system based on the previously suggested mathematical models by simulating flows of the dust-air mixture in the aspiration system pipeline. The data obtained allows drawing the constant patterns of the pressure fields and rates distribution in the aspiration system pipelines and making constructive changes at the stage of aspiration systems design. As a result of the research performed, the authors have defined ways to reduce the hydraulic resistance of aspiration systems and determined directions of further research.

Keywords: diffuser; confuser; velocity field; boundary layer; simulation; numerical analysis.