



ISSN 1993-3495 online

СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2019, ТОМ 15, НОМЕР 4, 171–178

УДК 628.511

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОСХОДЯЩЕГО ВИХРЯ ЦИКЛОНА

С. М. Орлов

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 286123.

E-mail: Stanisl.orlow2014@yandex.ru

Получена 22 октября 2019; принята 22 ноября 2019.

Аннотация. В статье рассмотрены циклоны как наиболее характерные представители сухих инерционных пылеуловителей, проведено исследование газодинамических процессов восходящего вихря циклона. В восходящем вихре, помимо силы сопротивления и центробежной силы, присутствуют и сила, обусловленная действием радиального градиента давления, и поэтому в нем присутствует две зоны: зона, где сила, обусловленная действием радиального градиента давления, превышает центробежную силу; и зона, где наоборот центробежная сила превышает силу, обусловленную действием радиального градиента давления. Установлено, что граница, где центробежная сила равна силе, обусловленной действием радиального градиента давления, равна половине радиуса выхлопной трубы и не зависит от конструктивных и эксплуатационных параметров циклонов. Полученная зависимость осевой скорости в восходящем вихре имеет обратно квадратичную характеристику и применима к циклонам любой конструкции.

Ключевые слова: циклон, пыль, центробежная сила, центростремительное ускорение, число Рейнольдса, коэффициент сопротивления.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСХІДНОГО ВИХОРУ ЦИКЛОНУ

С. М. Орлов

ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 286123.

E-mail: Stanisl.orlow2014@yandex.ru

Отримана 22 жовтня 2019; прийнята 22 листопада 2019.

Анотація. У статті розглянуто циклони як найбільш характерні представники сухих інерційних пило-вловлювачів, проведено дослідження газодинамічних процесів висхідного вихору циклону. У висхідному вихорі, крім сили опору і відцентрової сили, є і сила, обумовлена дією радіального градієнта тиску, і тому в ньому присутні дві зони: зона, де сила, обумовлена дією радіального градієнта тиску, перевищує відцентрову силу, і зона, де навпаки відцентрова сила перевищує силу, обумовлену дією радіального градієнта тиску. Встановлено, що межа, де відцентрова сила дорівнює силі, обумовленій дією радіального градієнта тиску, дорівнює половині радіуса вихлопної труби і не залежить від конструктивних і експлуатаційних параметрів циклонів. Отримана залежність осьової швидкості у висхідному вихорі має обернено квадратичну характеристику і застосовна до циклонів будь-якої конструкції.

Ключові слова: циклон, пил, відцентрова сила, доцентрове прискорення, число Рейнольдса, коефіцієнт опору.

INVESTIGATION OF HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN ASCENDING CYCLONE VORTEX

Stanislav Orlov

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

2, Derzhavin Str., Makeevka, DPR, 83123.

E-mail: Stanisl.orlov2014@yandex.ru

Received 22 Oktober 2019; accepted 22 November 2019.

Abstract. Cyclones as the most characteristic representatives of dry inertial dust collectors are considered in the article, the study of gas-dynamic processes of an ascending cyclone vortex is carried out. In a rising vortex in addition to the drag force and the centrifugal force is the force due to the action of the radial pressure gradient and, therefore, it has two zones: the zone where the force due to the action of the radial pressure gradient exceeds the centrifugal force; and the area where the opposite centrifugal force exceeds the force due to the action of a radial pressure gradient. It is established that the boundary, where the centrifugal force is equal to the force due to the action of the radial pressure gradient, is equal to half the radius of the exhaust pipe and does not depend on the design and operational parameters of cyclones. The obtained dependence of the axial velocity in the ascending vortex has an inversely quadratic characteristic and is applicable to cyclones of any design.

Keywords: cyclone, dust, centrifugal force, centripetal acceleration, Reynolds number, coefficient of resistance.

Введение

Пути снижения энергетических затрат при комбинированной очистки газа, где циклоны применяются в качестве предварительной ступени, может осуществляться двумя методами: снижение гидравлического сопротивления циклонов без снижения их эффективности; и разработка новых конструкций циклонов, позволяющих значительно снизить производительность тонкой ступени очистки. Для реализации второго метода нужно провести детальное исследование восходящего вихря циклона, с которым выносятся неуловленная пыль.

Формулировка проблемы

Защита атмосферы – социальная и экономическая проблема, неразрывно связанная с задачей создания комфортных условий для жизни и работы человека. Большинство технологических

процессов в промышленности сопровождается пылегазовыми выбросами. Поэтому очистка и обезвреживание промышленных выбросов имеют санитарное и экономическое значение. Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей, которые, как правило, имеют простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложны в эксплуатации. Ввиду этих преимуществ циклоны получили широкое распространение [1–4]. В циклонах наиболее совершенных конструкций можно достаточно полно улавливать частицы размером от 10 мкм и более, поэтому зачастую циклоны используются в качестве первой ступени очистки перед аппаратами тонкого пылеулавливания.

Анализ последних исследований и публикаций

В настоящее время имеется большое количество исследований по вопросу повышения эффектив-

ности циклонов, однако добиться, чтобы циклоны использовались как самостоятельный аппарат очистки газа от пыли, не удалось, поэтому циклоны, как правило, используются для предварительной очистки газа от пыли. Пыль из циклона после очистки выносится восходящим потоком через выхлопную трубу, однако гидродинамические процессы, протекающие в восходящем вихре, фактически не изучены.

Цель

Исследование гидродинамических характеристик восходящего вихря циклона, на основании которых разработать новую конструкцию циклона, что позволит значительно снизить производительность тонкой ступени очистки.

Основной материал

В работе [5] проведен анализ сил, действующих на частицу пыли в выхлопной трубе циклона. В ней установлено, что в выхлопной трубе основное воздействие на частицу оказывают: центробежная сила; сила, обусловленная действием радиального градиента давления; сила сопротивления движению частицы окружающей среды.

Центробежная сила равна [5]:

$$F_{ц} = \frac{\pi \rho_q d_q^3 \omega^2 R}{6}, \quad (1)$$

где R – радиус траектории частицы,

ρ_q – плотность частицы, кг/м³;

d_q – диаметр частицы, м.

ω – угловая частота вращения восходящего вихря, с⁻¹.

Установлено, что газ в радиальном направлении в восходящем вихре под действием градиента давления движется равномерно ускоренно с ускорением [5]:

$$a_p = \frac{\Delta p}{0,5 p_2 K_2 D} = \frac{V_{ax}^2 (1 - K_2)^2}{DK_2^3 \left(\ln \frac{1}{K_2} \right)^2}, \quad (2)$$

где V_{ax} – скорость газа во входном патрубке, м/с;

K_2 – отношение диаметра выхлопной трубы к диаметру циклона;

D – диаметр циклона, м.

Поскольку под действием градиента давления газ в выхлопной трубе в радиальном направле-

нии движется с ускорением a_p , частицы пыли увлекаются газовым потоком и движутся вместе с ним равномерно ускоренно, но отставая на время релаксации t . Тогда скорость частицы в радиальном направлении относительно равна:

$$V_d = V_r - V_{ч} = a_p t - a_p (t - \tau) = a_p \tau. \quad (3)$$

Поскольку частицы пыли в потоке движутся с ускорением, на частицу будет воздействовать сила, вынуждающая частицу двигаться с ускорением. Увлекающая сила потока газа равна [6, 7]:

$$F_c = 0,5 C_{ч} S_{ч} \rho_r V_d^2, \quad (4)$$

где $S_{ч}$ – эффективная площадь частицы пыли, для шара $S_{ч} = \pi d_q^2 / 4$;

ρ_r – плотность газа, кг/м³.

В формуле (4) присутствует коэффициент сопротивления частиц $C_{ч}$ газовому потоку, который зависит от числа Рейнольдса Re , которое определяется выражением:

$$Re = \frac{V_d d_q}{\nu_r} = \frac{a_p \tau d_q}{\nu_r}. \quad (5)$$

Зависимость коэффициента сопротивления частиц $C_{ч}$ газовому потоку от числа Рейнольдса $C_{ч} = f(Re)$ носит сложный характер и нет единой формулы, определяющей значение коэффициента сопротивления.

На рисунке 1 показаны зависимости числа Рейнольдса от диаметра частиц пыли $Re = f(d_q)$, посчитанных по формуле (5). Как видно из графиков (рис. 1), с уменьшением диаметра циклона возрастает радиальное ускорение потока газа (2), а следовательно и увеличивается число Рейнольдса Re (5). Однако с уменьшением диаметра циклона уменьшатся и диаметр частиц пыли, находящихся в восходящем вихревом потоке, что приводит к уменьшению времени релаксации [6]:

$$\tau = \frac{\rho_q d_q^2}{\rho_r 18 \nu_r}, \quad (6)$$

где ν_r – кинематическая вязкость газа $\nu_r = 15,06 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Уменьшение времени релаксации приводит к снижению числа Рейнольдса. На (рис. 1) зависимость $d_{max} = f(D)$ фактически является ограничителем числа Рейнольдса для конкретных условий. Зависимость $d_{min} = f(D)$ посчитана по формуле [6]:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4,5\mu(D - K_2 D)}{\pi\rho_q n V_{\text{ВХ}}}}, \quad (7)$$

где μ_z – динамическая вязкость газа, $\mu_z = 18,1 \times 10^{-6} \text{ Н} \times \text{с} / \text{м}^2$.

Таким образом, можно сделать вывод, что в реальных условиях в восходящем вихревом потоке газа в циклонах ЦН число Рейнольдса $Re \leq 1$. Аналогичная картина наблюдается и на других циклонах.

Граница, при которой возможно применение закона Стокса, не определена. По данным [8, 9, 10] граница применимости закона Стокса лежит в пределах числа Рейнольдса $Re \leq 2$, тогда:

$$C_q = \frac{24}{Re}. \quad (8)$$

Подставив в значение силы увлекающей частицу пыли в центр восходящего вихря (4), значение коэффициента сопротивления частицы газовому потоку (8), и соответственно (3), (5), (6), произведя преобразования, получим:

$$F_p = \left(\frac{\pi d_q^3}{6} \rho_q \right) a_{ц}. \quad (9)$$

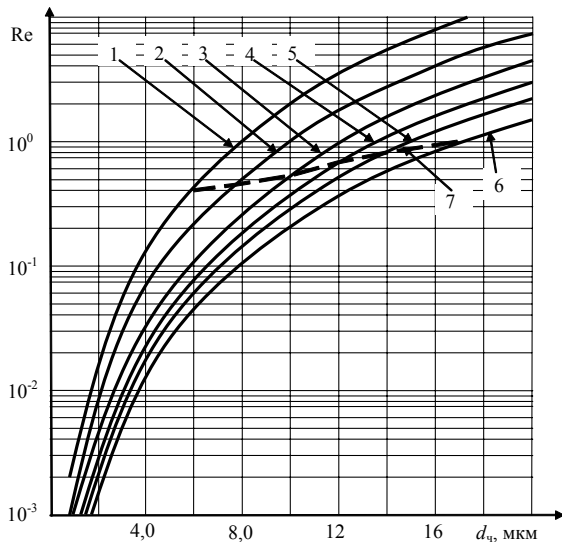


Рисунок 1. Зависимости $Re = f(d_q)$ кривые 1 – 6 и $d_{\min} = f(D)$, кривая 7 при: $V_{\text{ар}} = 20 \text{ м/с}$; 1 – $D = 0,3 \text{ м}$; 2 – $D = 0,6 \text{ м}$; 3 – $D = 1,0 \text{ м}$; 4 – $D = 1,5 \text{ м}$; 5 – $D = 2,0 \text{ м}$; 6 – $D = 3,0 \text{ м}$.

Первый множитель в (9) есть не что иное, как масса частицы пыли, и тогда окончательно имеем:

$$F_p = m_q a_{ц}. \quad (10)$$

Сила сопротивления движению частицы относительно потока можно определять при помощи формулы Стокса [6, 7]:

$$F_c = 3\pi\mu_r d_q (V_r - V_q) = 33\pi\mu_r d_q V_d. \quad (11)$$

Баланс сил, действующих на частицу в выхлопной трубе циклона, равен [6]:

$$F_c = (F_u - F_p). \quad (12)$$

Подставив в (12) значение силы сопротивления движению частицы F_c (11), значение центробежной силы F_u (1), силу обусловленную действием радиального градиента давления F_p (9) и решив относительно скорости частицы V_d , получим:

$$V_d = \frac{d_q^2 \rho_q V_{\text{ВХ}}^2 (1 - K_2)^2}{18\mu_r D^2 K_2^4 \left(\ln \frac{1}{K_2} \right)^2} (4R - 1). \quad (13)$$

В формуле (13) R – текущий радиус, который может менять значение в пределах радиуса выхлопной трубы R_2 . Выразим R_2 через диаметр циклона D :

$$R = R_2 n = 0,5 D K_2 n. \quad (14)$$

Здесь n выражает долю внутреннего радиуса выхлопной трубы R_2 и может принимать любые значения $n = 0 \div 1$.

Подставив (14) в (13), получим:

$$V_d = \frac{d_q^2 \rho_q V_{\text{ВХ}}^2 (1 - K_2)^2}{18\mu_r D K_2^3 \left(\ln \frac{1}{K_2} \right)^2} (2n - 1). \quad (15)$$

Данная зависимость справедлива для циклонов любой конструкции, поскольку из конструктивных параметров циклонов в формуле (15) присутствуют только диаметр циклона D и отношение внутреннего диаметра выхлопной трубы к диаметру циклона K_2 , что присутствует у циклонов любой конструкции.

На рис. 2 показаны зависимости $V_d = f(n)$ при 1 – $d_q = 5 \text{ мкм}$, 2 – $d_q = 10 \text{ мкм}$ и 3 – $d_q = 20 \text{ мкм}$.

Как видно из формулы (15) и графиков (рис. 2), при $n = 0,5$, то есть при $R = 0,5 R_2$ разница между скоростями газа и частицами пыли равна нулю,

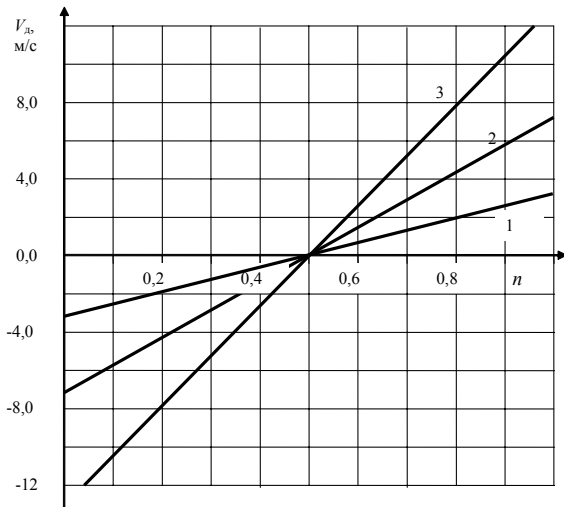


Рисунок 2. Зависимости $V_d = f(n)$ при циклоне ЦН11-300, $V_{ax} = 20$ м/с; 1 – $d_q = 5$ мкм, 2 – $d_q = 10$ мкм и 3 – $d_q = 20$ мкм.

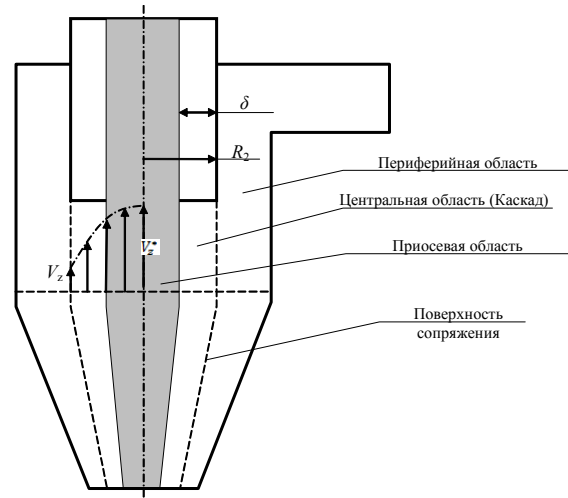


Рисунок 3. Газодинамическая структура циклона с расположением зон и эпюры скоростей.

$V_d = 0$. Это говорит о том, что в зоне $R = 0,5R_2$ имеется область, в которой действие сил на частицу равно нулю ΣF . При этом F_c также обращается в ноль $F_c = 0$. Это возможно, когда $F_{ц} - F_p = 0$, то есть когда центробежная сила равна силе воздействия газа на частицу пыли под действием градиента давления $F_{ц} = F_p$. Решив это равенство относительно R , получим:

$$R = \frac{m_q a_q}{m_q \omega^2} = 0,25DK_2 = 0,5R_2. \quad (16)$$

Таким образом, восходящий вихрь в циклоне состоит из двух зон. Первая зона – это когда $n < 0,5$, здесь скорость дрейфа частицы имеет отрицательное значение, то есть пыль устремляется к оси циклона. Вторая зона – это когда $n > 0,5$, тогда скорость дрейфа частицы имеет положительное значение – пыль дрейфует от оси циклона. Заметим, что расположение зон в восходящем вихре циклона не зависит от параметров пыли и циклона (15) и (16), а граница раздела зон лежит в области $R = 0,25DK_2 = 0,5R_2$.

На рис. 3 показана схема циклона с обозначением зон и эпюры скоростей.

Анализируя (рис. 3) приходим к выводу, что циклон представляет собой не что иное, как искусственно созданная спиральная структура, которая по своим гидродинамическим свойствам сродни таким природным явлениям, как торнадо [11].

Данное утверждение наглядно демонстрируют фотографии торнадо в начальной стадии, когда количество всасываемой пыли или воды небольшие и не образовали сплошной столб (рис. 4) [12]. Как наглядно иллюстрируют фотографии, хобот торнадо состоит из двух частей: внутренней 1, где сила, обусловленная действием градиента давления, значительно превосходит центробежную силу; и наружной, где центробежная сила равна силе действия радиального градиента давления 2.

Как и следовало ожидать, осевая скорость в восходящем вихре циклона (торнадо) не равномерная в зависимости от расстояния до оси циклона.

Для определения осевой скорости в восходящем вихре циклона воспользуемся уравнением Бернулли [13]:

$$p + \rho_r gh + \frac{\rho_r V^2}{2} = const. \quad (17)$$

После составления и решения системы уравнений Бернулли относительно осевой скорости по текущему радиусу [13], окончательно получим:

$$V_z^* = \frac{V_{BX}(1-K_2)}{K_2 \ln \frac{1}{K_2}} \sqrt{(1-n^2) + \left(\frac{K_1}{\pi K_2}\right)^2}, \quad (18)$$



Рисунок 4. Фотографии в начальной стадии: а) торнадо; б) смерча: 1 – область оси, где разряжение принимает наибольшую величину; 2 – наружной области, где центробежная сила равна силе действия радиального градиента давления.

где K_1 – отношение высоты входного патрубка к диаметру циклона.

На рисунке 5 показаны зависимости осевой скорости по радиусу восходящего вихря в циклоне $V_z^* = f(n)$.

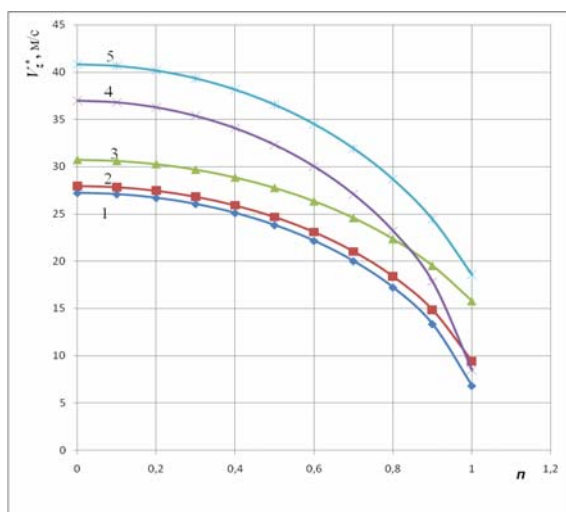


Рисунок 5. Зависимости осевой скорости по радиусу восходящего вихря в циклоне: 1 – ЦН11; 2 – ЦН15; 3 – ЦН24; 4 – СК-ЦН-34; 5 – СДК-ЦН-33.

Как и следовало ожидать, зависимости имеют обратно степенную зависимость. Осевая скорость растет к центру и не зависит от размеров циклона.

Формула (18) справедлива для циклонов любых конструкций.

Согласно (15) и (рис. 4) основное количество пыли, выносимой из циклона, сосредоточено в приосевой зоне и у внутренней стенки выхлопной трубы циклона.

Это явление очень важно, поскольку ввиду неравномерной концентрации пыли в поперечном сечении выхлопной трубы циклона, можно ставить вопрос о направлении на аппараты тонкой очистки не весь объем очищаемого газа, а только его часть. Этим можно достичь значительной экономии энергоресурсов, затраченных на очистку газов от пыли. Таким образом, дальнейшие исследования в этом направлении целесообразны и должны быть продолжены.

Выводы

1. Установлено, что в восходящем вихре число Рейнольдса не превышает $Re \leq 2$, тогда для

- определения коэффициента сопротивления частиц C_d газовому потоку можно использовать закон Стокса.
- Показано, что в балансе сил, действующих на частицу в выхлопной трубе циклона, помимо силы сопротивления и центробежной силы, присутствует и сила, обусловленная действием радиального градиента давления.
 - Установлено, что восходящий вихрь в циклоне состоит из двух зон: зоны, где сила, обусловленная действием радиального градиента давления, превышает центробежную силу; и зоны, где наоборот центробежная сила превышает силу, обусловленную действием радиального градиента давления.
 - Показано, что граница, где центробежная сила равна силе, обусловленной действием радиального градиента давления, равна половине радиуса выхлопной трубы и не зависит от конструктивных и эксплуатационных параметров циклонов.
 - Установлено, что полученная зависимость осевой скорости в восходящем вихре имеет обратно квадратичную характеристику и зависит только от скорости во входном патрубке, отношения диаметра выхлопной трубы к диаметру циклона и отношения высоты входного патрубка к диаметру циклона, поэтому применима к циклонам любой конструкции.

Литература

- Гурвиц, А. А. Пылеулавливание в металлургии [Текст] / Под ред. А. А. Гурвица. – М. : Металлургия, 1984. – 336 с.
- Луговский, С. И. Совершенствование систем промышленной вентиляции [Текст] / С. И. Луговский, Г. К. Дымчук. – М. : Стройиздат, 1991. – 136 с.
- Горелкин, Д. Н. Комплексные решения в области пылегазоочистки на примере проектов, реализованных ЗАО «СовПлим» [Текст] / Д. Н. Горелкин // ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2014 : сборник докладов VII международной конференции (23–24 сентября 2014, Москва). – М. : ООО «ИНТЕХЭКО», 2014. – С. 32–35.
- Алиев, Г. М. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок [Текст] / Г. М. Алиев. – М. : Металлургия, 1988. – 368 с.
- Исследование кулоновской и центробежной сил в циклоне с прямооточными элементами [Текст] / С. М. Орлов, Э. И. Дмитриченкова, А. Я. Орлова // Науковий вісник будівництва. 2013. № 72. С. 431–440.
- Пирумов, А. И. Обеспыливание воздуха [Текст] / А. И. Пирумов. – М. : Стройиздат, 1981. – 296 с.
- Швыдкий, В. С. Очистка газов : справочник [Текст] / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыгичев. – М. : Теплотехник, 2005. – 640 с.
- Бубенчиков, М. А. Расчет аэродинамики циклонной камеры [Текст] / М. А. Бубенчиков, И. А. Иванова // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2011. № 1(13). С. 67–73.
- Романков, П. Г. Гидромеханические процессы химической технологии [Текст] / П. Г. Романков, М. И. Курочкин. – Л. : Химия, 1982. – 288 с.

References

- Gurvits, A. A. Dust collection in metallurgy [Text]. Edited by. A. A. Gurvits. Moscow : Smelting industry, 1984. 336 p. (in Russian)
- Lugovsky, S. I.; Dymchuk, G. K. Improvement of industrial ventilation systems [Text]. Moscow : Stroiizdat, 1991. 136 p. (in Russian)
- Gorelkin, D. N. Integrated solutions in the field of dust and gas cleaning on the example of projects implemented by JSC «Solim» [Text]. In: *Dust and gas CLEANING-2014* : proceedings VII international conference. M. : Ltd «INTEKHEKO». 2014. P. 32–35. (in Russian)
- Aliyev, G. M. Installation and maintenance of gas cleaning and dust collecting plants [Text]. Moscow : Smelting industry, 1988. 368 p. (in Russian)
- Orlov, S. M.; Dmitrichenkova, E. I.; Orlova A. Ya. Investigation of Coulomb and centrifugal forces in a cycle with straight elements [Text]. In: *Scientific Bulletin of construction*. 2013. № 72. P. 431–440. (in Russian)
- Pirumov, A. I. Dedusting of air [Text]. Moscow : Stroiizdat, 1981. 296 p. (in Russian)
- Shvydky, V. S.; Ladygichev, M. G. Gas cleaning: reference guide [Text]. M. : Heat engineer, 2005. 640 p. (in Russian)
- Bubenchikov, M. A.; Ivanova I. A. Calculation of the aerodynamics of the cyclone chamber [Text]. In: *Proceedings of the Tambov State University. Mathematics and mechanics*. 2011. № 1(13). P. 67–73. (in Russian)
- Romankov, P. G.; Kurochkin M. I. Hydro-mechanical processes of chemical technology [Text]. Leningrad : Chemistry. 1982. 288 p. (in Russian)
- Leochik, B. I.; Mayakin, V. P. Measurement in dispersed flows [Text]. Moscow : Energy. 1971. 248 p. (in Russian)

10. Леочик, Б. И. Измерение в дисперсных потоках [Текст] / Б. И. Леочик, В. П. Маякин. – М. : Энергия, 1971. – 248 с.
11. Политов, В. С. Аналитическая модель смерча (торнадо) [Электронный ресурс] / В. С. Политов. 2017. – С. 46–54. – Режим доступа : <http://mech.spbstu.ru/images/b/ba/1-81r.pdf>.
12. Шилаев, М. И. Методы расчета пылеулавливающих систем [Текст] : учебное пособие / М. И. Шилаев. – М. : ФОРУМ, 2014. 320 с.
11. Politov, V. S. Analytical model (tornado) [Electronic resource]. 2017. P. 46–54. Access mode : <http://mech.spbstu.ru/images/b/ba/1-81r.pdf> (in Russian)
12. Shilyayev, M. I. Methods for calculating dust collecting systems [Text]: textbook. Moscow : FORUM, 2014. 320 p. (in Russian)

Орлов Станислав Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и электроснабжения в строительстве ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: автоматизация процессов и аппаратов систем ТГВ.

Орлов Станіслав Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та електропостачання в будівництві ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: автоматизація процесів і апаратів систем ТГВ.

Orlov Stanislav – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Automation and Power Supply in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: automation of processes and devices of TGV systems.