

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИХРЕВЫХ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

Сергей Пастушенко¹, Андрей Пастушенко²

¹*Черноморский государственный университет имени Петра Могилы
Ул. 68 Десантников, 10, г. Николаев, Украина, E-mail: s_pastushenko@mksat.net*

²*Николаевский национальный аграрный университет
Ул. Парижской коммуны, 9, г. Николаев, Украина, E-mail: pastushenkoas@mnau.edu.ua*

Sergei Pastushenko¹, Andrei Pastushenko²

¹*Petro Mohyla Black Sea State University
68 Desantnikov Str., 10, Nikolaev, Ukraine, E-mail: s_pastushenko@mksat.net*

²*Nikolaev National Agrarian University
Paris Commune Str., 9, Nikolaev, Ukraine, E-mail: pastushenkoas@mnau.edu.ua*

Аннотация. В статье, на основании проведенного исследования теоретических методов изучения гидродинамики многофазных сред, используемых рядом авторов, сформировано рекомендации по определению основных элементов (силовой анализ, форма частиц, их взаимное влияние и т.д.) математического описания аэродинамики двухфазных потоков течения среды в вихревых и циклонных камерах пневмоустановок сельскохозяйственного назначения.

В контексте рассматриваемой проблемы, автором проведен анализ возможных вариантов сил, действующих на частицу, движущуюся в вихревом потоке в зависимости от геометрических и массовых показателей частиц, а также режима течения и показателей несущей среды.

Основываясь на особенностях транспортируемых материалов и технических характеристиках машин и средств сельскохозяйственного производства: сформулированы рекомендации, позволяющие ограничить количество сил которые влияют на аэродинамику в циклонных или вихревых камерах; предложены уравнения описывающие движение частиц, дополненные кинематическими соотношениями и уравнениями движения газовой среды; записаны граничные условия для них.

Освещены особенности характерные исследованию жидкой частицы в воздушном потоке, как одной из фаз, наиболее часто используемых в сельскохозяйственных пневмотранспортных установках.

Ключевые слова: вихревой поток, пневмотранспортная установка, математическая модель, сила, частица.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В каналах пневмотранспортных установок происходят сложные процессы, степень совершенства которых определяет эффективность работы всей установки.

Поток в них, представляет собой многокомпонентную систему, которую подразделяют на гомогенную и гетерогенную.

К гетерогенным системам относятся газовзвеси, аэрозоли, суспензии, эмульсии, жидкости с пузырьками газа. Для этих систем характерно наличие макроскопических (по отношению к молекулярным масштабам) включений.

Гетерогенная система, состоящая из двух фаз, одна из которых твердые частицы, капли или пузырьки, характеризуется как дисперсная смесь. Наибольший интерес для нас представляют грубодисперсные суспензии, т. е. смеси сплошной среды (сжимаемой или несжимаемой жидкости) с твердыми частицами размерами более 1 мкм. Такие системы чаще всего встречаются в сельскохозяйственной технике.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для исследования гидродинамики многофазных сред возможны два метода: статистический (молекулярно-кинетический) и феноменологический. В последнем методе понятие о континууме приводит к гипотезе о непрерывности полей скоростей, температур и пр. Следовательно, основной теоретический метод изучения таких сред состоит в распространении на поток с частицами представлений, с соответствующими ограничениями, о потоке как сплошной среде, т. е. как о многоскоростном континууме с учетом взаимопроникающего движения составляющих.

В основу исследований турбулентных течений в каналах при наличии теплообмена [1] могут быть положены несколько математических моделей. Для получения замкнутых уравнений гидродинамики и теплообмена дисперсной фазы в эйлеровом представлении в работе [2] используется кинетическое уравнение для плотности вероятности скорости и температуры частиц в турбулентном потоке.

В работе [4] представлено более сложное описание гидродинамики многокомпонентной среды. Течение и теплообмен несущей сплошной среды здесь анализируются в рамках эйлерова континуального подхода, а перемещение дисперсной фазы в потоке – в рамках лагранжевого представления. Это позволяет анализировать изменение динамических и тепловых характеристик отдельных частиц вдоль их траекторий. Турбулентные пульсации скорости частиц вычисляются методом стохастического моделирования [5].

Для получения системы уравнений, описывающих гидродинамику газозвеси в каналах, некоторые авторы [13] применяют осреднение чисел Рейнольдса к основным уравнениям теории взаимодействующих континуумов, разработанных Р.И. Нигматулиным.

Заслуживает внимания, на наш взгляд, математическая модель, предложенная Л.В. Кондратьевым, которая позволяет определить распределение гидродинамических и тепловых характеристик сплошной и дисперсных сред при различных режимах неизоэнтальпического течения многокомпонентной среды.

Кольцевые газожидкостные течения анализируются в работе [27]. Ценной особенностью этих исследований является то, что многие соотношения полученные для кольцевого течения, могут быть применены к другим видам двухфазных течений.

При высокой концентрации дисперсной фазы рекомендуется обращаться к системе уравнений движения многофазных сред, приведенной в [28].

Математические модели гидродинамики многокомпонентных потоков в сельскохозяйственных пневмотранспортных установках приведены в работах [1, 4, 28].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задачей данного исследования является формирование основных элементов математической модели, описывающей процесс течения многофазной среды в вихревых и циклонных камерах пневмоустановок сельскохозяйственного назначения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Вихревые и циклонные камеры применяются во многих сельскохозяйственных технологических процессах (центробежные разбрызгиватели, разбрызгиватели дисперсных сред, сушильные камеры, вихревые воздухоочистители, биореакторы и пр.). Процессы, протекающие в полях центробежных массовых сил, характеризуются тем, что на сложное трехмерное течение несущей среды накладывается движение другой среды в виде твердых или жидких частиц. Как правило, эти частицы имеют большую плотность, чем плотность среды основного потока.

Размеры и форма частиц вторичной фазы могут изменяться в процессе течения, т. е. изменять свою массу. Особую сложность математического

описания аэродинамики вихревых двухфазных потоков представляет учет процесса теплообмена частиц, несферичность их формы, взаимное влияние частиц. Поэтому при формулировке математической модели таких течений исходят, как правило, из упрощенной модели аэродинамики потока.

Сила аэродинамического сопротивления, действующая на частицу, движущуюся в вихревом потоке:

$$F_1 = mF_t(\vec{u} - \vec{v}), \quad (1)$$

где: \vec{u} и \vec{v} – скорости соответственно несущей среды и частицы, m – масса частицы, F_t – постоянная времени процесса переноса количества движения, связанного с силой сопротивления.

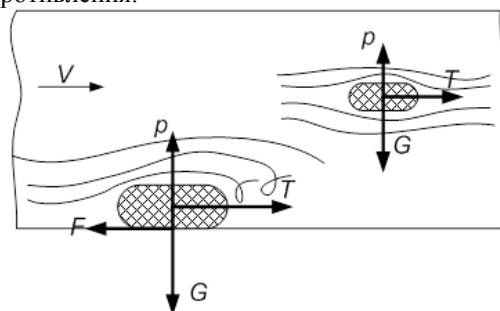


Рис. 1. Схема действия сил на частицу, движущуюся в вихревом потоке

Fig. 1. Diagram of the forces on a particle moving in a vortex

Для определения F_t пользуются уравнением [23]:

$$F_t = \frac{3}{4} \lambda_{г.ч} \frac{\rho}{\rho_{ч}} \frac{1}{d_{ч}} |\vec{u} - \vec{v}|, \quad (2)$$

где: $\lambda_{г.ч}$ – коэффициент сопротивления частицы, ρ и $\rho_{ч}$ – плотности несущей среды и частицы, $d_{ч}$ – характерный размер (принимают диаметр) частицы.

Значение $\lambda_{г.ч}$ зависит от режима течения, определяемого числом Рейнольдса $Re = d_{ч} u \left| \frac{\vec{u} - \vec{v}}{\nu} \right|$ где: ν – кинематический коэффициент вязкости частицы.

При числах $Re = 1 \cdot 10^3$ для определения $\lambda_{г.ч}$ пользуются формулой Клячко:

$$\lambda_{г.ч} = 24/Re + 4Re^{-1/3}. \quad (3)$$

При значениях $Re = 10^3 \dots 2 \cdot 10^5$, соответствующих автотранспортной области течения, коэффициент сопротивления является постоянным:

$$\lambda_{г.ч} = 0,43. \quad (4)$$

Приведенные формулы получены для случая, когда частицы имеют сферическую форму. При отклонении их формы от сферической следует ввести эмпирический поправочный коэффициент формы $f_{ч}$, который зависит не только от геометрических показателей частиц, но и от режима течения.

Второй силой, действующей на частицу, является сила, вызванная градиентом давления в потоке, окружающем частицу:

$$\vec{F}_2 = -\frac{m}{\rho_c} \frac{\partial p}{\partial r}. \quad (5)$$

При малых размерах скорости частиц ($d_c < 10^{-3}$ м) величиной \vec{F}_2 можно пренебречь.

Следующая сила возникает вследствие вращения частицы при движении (сила Магнуса):

$$\vec{F}_3 = \frac{3\rho}{4\rho_c} m\vec{u}(\vec{u} - \vec{v}). \quad (6)$$

Для мелких частиц, а именно при $Re < 1$, влияние силы Магнуса можно не принимать во внимание.

Сила \vec{F}_4 учитывает влияние отклонения течения потока от установившегося движения (сила Бассе) и определяется выражением:

$$\vec{F}_4 = -\frac{\rho}{\sqrt{\pi}} \left[\frac{d\vec{u}}{dt} \right] \frac{d\vec{u}}{dt} \frac{dt}{\sqrt{t}}, \quad (7)$$

где: μ – динамический коэффициент вязкости, t – время.

Влияние ускорения кажущейся массы частицы относительно окружающей жидкости учитывается силой:

$$\vec{F}_5 = \frac{1}{2} \frac{\rho}{\rho_c} m \frac{d(\vec{u} - \vec{v})}{dt}. \quad (8)$$

Влияние сил \vec{F}_4 и \vec{F}_5 следует учитывать в тех случаях, когда плотность несущей среды соизмерима или больше плотности частиц.

Сила вытеснения (Архимедова сила) равна:

$$\vec{F}_6 = -m_0 \vec{g}, \quad (9)$$

где: m_0 – масса газа в объеме частицы.

Как правило, эта сила незначительна. На частицу действует сила тяжести:

$$\vec{F}_7 = -m\vec{g}, \quad (10)$$

которая на несколько порядков больше силы \vec{F}_6 .

Градиент скорости предопределяет подъемную силу (силу Жуковского):

$$\vec{F}_8 = \left(\frac{3k\mu\chi^{0.5}}{2\pi d_c \sqrt{\rho_c}} \right) m \vec{u} \times \vec{v}, \quad (11)$$

где: $\chi = d(u - v)/dy$ – поперечный сдвиг; v – кинематический коэффициент вязкости.

Для мелких частиц силой \vec{F}_8 можно пренебречь.

В работе [23] анализируются еще четыре силы, действующие на частицу в двухфазном потоке. При наличии в газе градиента температуры возникает сила термофореза \vec{F}_9 , а при наличии неоднородного

излучения – сила фотофореза \vec{F}_{10} . В двухфазном потоке возможно возникновение электростатической силы \vec{F}_{11} и силы молекулярного взаимодействия \vec{F}_{12} . Силы \vec{F}_9 , \vec{F}_{10} , \vec{F}_{11} , и \vec{F}_{12} существенны для частиц с размерами $d_c < 10^{-6}$ м.

В соответствии с исследованиями электростатической зарядки частиц при течении двухфазных потоков систем «газ – твердые

частицы» приведенными в работе [24], причиной электризации взвешенных частиц является возрастание со временем перепада давления в пневмотранспорте. Это объясняется перемещением частиц к стенке под воздействием электростатического поля пространственно распределенными зарядами частиц. При заданном отношении заряда частицы к ее массе электростатическая сила, действующая на частицы, увеличивается с ростом плотности взвеси.

Следует предположить, что с приобретением частицами зарядов они чаще сталкиваются со стенкой, увеличивая тем самым коэффициент трения.

В некоторых литературных источниках высказывается предположение, что на зарядку частицы интенсивное влияние оказывают взаимное истирание частиц в транспортируемых газозвзвях и перенос эродирующего материала от одной поверхности к другой. Однако в действительности эрозия играет незначительную роль в процессе зарядки частиц. Заряд переносится в основном в результате контактирования и последующего разделения поверхностей, отличающихся друг от друга какими-то свойствами [24]. Интенсивность переноса заряда зависит от того, являются ли рассматриваемые материалы проводниками, изоляторами или полупроводниками.

Для характеристики молекулярной диффузии будем исходить из предположения, что частицы двухфазного потока достаточно малы, а именно меньше по линейным размерам, чем те расстояния, на которых может хоть сколько-нибудь заметно измениться скорость. Кроме того, частицы незначительно отличаются по удельному весу от окружающей среды и, следовательно, ни гравитационные, ни архимедовы силы не играют существенной роли. В результате таких условий смесь может рассеиваться вследствие как молекулярного, так и броуновского движения, связанных с тепловым движением молекул среды. Заметим, что на жидкие частицы молекулярное движение не оказывает никакого влияния.

Учет особенностей транспортируемых материалов и технических характеристик машин и средств сельскохозяйственного производства позволяет ограничить количество сил которые влияют на аэродинамику в циклонных или вихревых камерах, силами \vec{F}_1 и \vec{F}_7 , а следовательно получить уравнение движения частицы в виде:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = mF_t(\vec{u} - \vec{v}) + mg. \quad (12)$$

Если пренебречь силой тяжести, то уравнение движения частицы в безразмерных цилиндрических координатах записывается так:

$$\frac{d\vec{v}_r}{dt} = \frac{v_\phi^2}{r} - N\vec{v}, \quad (13)$$

$$\frac{dv_\phi}{dt} = -\frac{v_\phi v_r}{r} - N\left(\frac{v_\phi}{r} - \vec{u}_\phi\right), \quad (14)$$

$$\frac{d\bar{v}_z}{dt} = -N(\bar{v}_z - \bar{u}_z), \quad (15)$$

где: $\bar{u}_\varphi = u_\varphi / u_1$; $\bar{u}_z = u_z / u_1$; $\bar{v}_\varphi = v_\varphi / u_1$; $N = 18$;
 $\bar{t} = (u_1 R_1) / t$; $\bar{r} = r / R$; $\bar{z} = z / R$; $\bar{R}_1 = R_1 \dot{R}$;

$\rho v R / (\rho_0 d_0^2 u_1)$; $\bar{v}_z = v_z / u_1$; u_1 – скорость газа на входе,
 R_1 – радиус сечения ввода частиц в поток,

R – радиус циклонной камеры, v_r, v_φ, v_z – составляющие скорости в цилиндрических координатах; индекс “ r ” относится к параметрам

частиц.

Уравнения (13) – (15) следует дополнить приведенными кинематическими соотношениями:

$$\frac{d\bar{r}}{dt} = \bar{v}_r; \quad \frac{d\bar{\varphi}}{dt} = \bar{v}_\varphi; \quad \frac{d\bar{z}}{dt} = \bar{v}_z, \quad (16)$$

и уравнениями движения газовой среды:

$$\bar{u}_\varphi \bar{r}^n = \bar{R}_1^n = \text{const}; \quad \bar{u}_r = 0; \quad \bar{u}_z = F F_1 \neq \text{const}. \quad (17)$$

Допускается, что сопротивление частиц подчиняется закону Стокса, т. е.:

$$\lambda_{r, \varphi} = 24 / \text{Re}. \quad (18)$$

В таком случае можно рассматривать лишь тангенциальное и радиальное движения частиц (аксиальное движение частиц не зависит от движения в плоскости вращения).

Граничные условия записываются так:

$$\bar{v}_\varphi = \bar{u}_1; \quad \bar{v}_r = 0 \quad \text{при} \quad \bar{r} = \bar{R}_1; \quad \bar{t}_0 = 0 \quad \text{и} \quad \varphi = 0. \quad (19)$$

При определенных условиях (при квазитвердом вращении потока или при потенциальном вращении, т. е. при условии, что соответственно $n = -1$; $n = 1$) система уравнений (13) – (17) имеет аналитическое решение [25].

Принимаем зависимость для исследования времени пребывания твердой частицы в циклонных аппаратах:

$$\theta = 3,8 \cdot 10^{-6} \text{Fr}^{0,48} \text{St}_k^{0,4} \mu_r^{-1,68} \left(\frac{L}{D} \right)^{0,6} \left(\frac{d}{D} \right)^{-1,1} \left(\frac{\Pi_1}{\Pi} \right)^{(1-n)^2}, \quad (20)$$

где: $\theta = t u_1 D / \tau$; $\text{Fr} = \frac{u_1^2 \rho}{\rho_0 D g}$ – число Фруда,

$\text{St}_k = \frac{d}{\mu_r} \frac{1}{(c \mu^n D \rho^{1-n})}$ – число Стокса,

$\mu_r = G / (V \rho)$ – массовая концентрация частиц,
 u_1 – скорость воздуха на входе, L и D – длина и диаметр циклона, V – объемный расход вторичного воздуха, d_2 – диаметр выходного сопла, Π_1 – площадь подводящих патрубков; индекс “ r ” относится к параметрам частиц.

Коэффициент сопротивления частиц определяется по формуле:

$$C = C_0 \text{Re}_r^{-n}, \quad (21)$$

где: $n = 0,8-1$; $C_0 = 24$ для сферических частиц;
 $\text{Re}_r = u_1 d_r \rho / \mu$.

При исследовании жидкой частицы в воздушном потоке большинством исследователей принималось, что ее движение соответствовало движению твердой частицы сферической формы [25].

Следует подчеркнуть, что размеры жидких частиц могут изменяться в больших пределах. Поэтому задаче определения среднего размера

капель в аппаратах вихревого типа уделяют немалое внимание. Для капель воды, которая как одна из фаз наиболее часто используется в сельскохозяйственных пневмотранспортных установках, предложены эмпирические формулы [26]:

$$\frac{d_{\text{сп}}}{d_3} = 0,0516 \left(\frac{\rho u^2 d_3}{\sigma} \right)^{-0,36} \left(\frac{D}{d_3} \right)^{0,64},$$

при

$$\frac{\mu^2}{\rho \sigma d_3} < 3,5 \cdot 10^{-5}, \quad (22)$$

$$\frac{d_{\text{сп}}}{d_3} = 0,0757 \left(\frac{\rho u^2 d_3}{\sigma} \right)^{-0,28} \left(\frac{\mu^2}{\rho \sigma d_3} \right)^{0,08} \left(\frac{D}{d_3} \right)^{0,64}, \quad (23)$$

при

$$-\frac{\mu^2}{\rho \sigma d_3} > 3,5 \cdot 10^{-5},$$

где: d_3 – эквивалентный диаметр щелей завихрителя, u – скорость потока в живом сечении завихрителя, D – диаметр контактного устройства, σ – коэффициент поверхностного натяжения, индекс “ j ” означает параметры жидкости.

ВЫВОДЫ

Выполненный анализ сил действующих на частицу в силовом потоке и уравнений описывающих их движение дает основание утверждать, что:

При изучении закрученных потоков, имеющих место в сельскохозяйственных циклонных или вихревых камерах, следует учитывать лишь силы аэродинамического сопротивления и силы тяжести.

Чем крупнее частица, тем медленнее она набирает осевую скорость, при этом вследствие более длительного пребывания в потоке путь, пройденный ею в осевом направлении, больше, чем для мелких частиц.

Для крупных частиц помимо силы сопротивления следует учитывать силы тяжести и

Магнуса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Горбис З.Р. 2011.** Теплообмен и гидромеханика дисперсных сквозных потоков. М.: Энергия, 424.
- Нигматулин Р.А. 2012.** Динамика многофазных сред. Ч. I. М.: Наука, 464.
- Зайчик Л.И. 1992.** Модели турбулентного переноса импульса и тепла в дисперсной фазе, основанные на уравнениях для вторых и третьих моментов пульсации скорости и температуры частиц. Инж. физ. журн. Т. 63, № 4. 404–413.
- Бабенко Д.И. 2013.** Тепломассообмен. Методы расчета тепловых и диффузионных потоков. Л.: Химия, 144.
- Лыков А.В. 2014.** Тепломассообмен: Справочник. М.: Энергия, 560.

Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. 1982. Массопередача. Перев. с англ. Под ред. В.А. Малосова. М.: Химия, 695.

Леонтьев А.И. 1979. Теория тепломассообмена. М.: Высшая школа, 425.

Пастушенко С.И. 2002. Вопросы оптимизации технических систем. “Механизация сельскохозяйственного производства”. Киев: Издательство НАУ. Т.ХІ. 266-271.

Франкль Ф.И. 1973. Избранные труды по газовой динамике. М.: Наука, 711.

Телетов С.Г. 1978. Вопросы гидродинамики двухфазных систем. Вестник Московского университета. Вып. 2. М.: Издательство МГУ, 127-132.

Деревич И.В. 1996. Стохастическое описание и расчет гидродинамики массопереноса дисперсных турбулентных потоков в каналах. Материалы III Международного Минского Форума “Тепломассообмен – ММФ - 96”. Т. 5. 134-141.

Sommerfield M. 1992. Modeling of particle - wall collisions in confined gas - particle flow. J. Multiphase Flow. Vol. 18, № 6. 905-926.

Шрайбер А.А., Гавин Л.Б., Наумов В.А., Яценко В.П. 1987. Турбулентные течения газозвесей. Киев: Наукова думка, 239.

Ивандаев А.И., Кутушев А.Г., Нигматулин Р.И. 1981. Газовая динамика многофазных сред. Итоги науки. Механика жидкости и газа. М.: ВИНТИ, Т. 16. 209-287.

Кондратьев Л.В. 1988. Математическое моделирование турбулентного неизоэтермического течения газозвеси в вертикальной трубе Моделирование в механике. Т. 2 (19), № 6. 55-61.

Кондратьев Л.В., Шор В.В. 1990. Исследование турбулентного течения газозвеси в трубе с учетом соударения со стеной и вращения частиц. Известия АН СССР. МЖГ, № 1. 56-64.

Хьюитт Дж., Холл-Тейлор Н. 1974. Кольцевые двухфазные течения; Перевод с англ. М.: Энергия, 408.

Криль С.И. 1976. Энергобаланс взвесенесущего потока и его следствие. Гидромеханика. Вып.34. 72-78.

Пастушенко С.И. 2000. Уравнение движения дисперсных частиц в турбулентном потоке. Труды ТГАТА. – Мелитополь: Издательство ТГАТА.– Вып. 1., Т. 17. 34-38.

Войтюк Д.Г., Пастушенко С.И. 2000. Гидродинамика криволинейных каналов агрегатов сельскохозяйственных установок и машин. Сборник Луганского ГАУ. Технические науки. Луганск: Издательство ЛГАУ. № 6/17. 23-30.

Пастушенко С.И. 2001. Неизоэтермическое турбулентное течение многокомпонентной среды в канале пневмотранспорта. Механизация и электрификация с. х. Главаха: Издательство ННЦ “ИМЭСХ”, Вып. 85. 103-106.

Пастушенко С.И. 2001. Гидродинамика переноса двухфазной среды, которая поступает из канала пневмотранспорта в атмосферу Вестник НТУ “ХПИ”. “Технологии в машиностроении”. Харьков: Изд-во НТУ “ХПИ”. Вып. 129. 258-263.

Штым А.Н. 1985. Аэродинамика циклонно-вихревых камер. Владивосток: Издательство Дальневосточного университета. 200 .

Соу С. 1971. Гидродинамика многофазных систем. М.: Мир, 536.

Резняков А.Б., Устименко Б.П., Вишневский В.В. 1977. Теплотехнические основы сушильных топочных и технологических процессов. Алма-Ата, Наука, 374.

Николаев Н.А. 1971. Исследование и расчет ректификационных и абсорбционных аппаратов вихревого типа. Автореферат диссертации доктора технических наук. Казань. 26.

Gutyrya S., Yaglinsky V., Siforov A. 2010. Power evaluation of hydropneumatic shock-absorber at work. MOTROL Commission of Motorization and Power industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. V. 10A, 52 – 58.

Батлук В., Басов Н., Сукач Р. 2010. Выбор параметров пылеуловителя для сельскохозяйственных машин. MOTROL Commission of Motorization and Power industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. V. 12C, 105 – 113.

THE VORTEX TWO-PHASE FLOW OF PNEUMOTRANSPORT UNITS RESEARCH

Summary. In this article, based on the carried out theoretical methods research of studying the multiphase media hydrodynamics used by a number of authors, is formed recommendations for the basic elements definition (power analysis, particle shape, their mutual influence, etc.) of mathematical description for the aerodynamic two-phase flows in the vortex environment and cyclone chambers pneumatic conveyor systems for agricultural purposes.

In the context of the problem, the author analyzes possible options for the forces, that influence on a particle, which is moving in a vortex flow, depending on the geometry, particle mass indicators, flow mode and indicators of the carrier medium.

Based on the features of the transported material and technical characteristics of machines and agricultural production means: made recommendations in order to limit the amount of forces that affect the aerodynamics in a cyclone or vortex chambers; offered equations describing the motion of the particles, complemented by kinematic ratios and equations of the gas medium motion; recorded boundary conditions for them.

Covered typical characteristics for the study of fluid particles in the airflow as one of the phases, the most frequently used in the agricultural of pneumotransport units.

Key words: vortex flow, pneumatic unit, mathematical model, force, particle.