



МИНОБРНАУКИ РФ
Российский фонд
фундаментальных исследований
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
НИИ прикладной математики и механики
Томского государственного университета
Физико-технический факультет
Совет молодых учёных ТГУ



**VIII Всероссийская молодежная научная конференция
«Актуальные проблемы современной механики
сплошных сред и небесной механики – 2018»
г. Томск, 26–28 ноября 2018 г.**

**VIII All-Russian Scientific Conference
«Current issues of
continuum mechanics and celestial mechanics – 2018»,
November, 26–28, 2018**

ТОМСК-2019

Литература

1. Васильев Н.И. Глубокое бурение антарктического ледникового покрова как метод исследования палеоклимата // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. №76. С. 78–88.
2. Чумаченко Е.Н., Данхэм Д. и др. Компьютерное моделирование проникновения криобота под ледяной покров Европы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. №6(1). С. 205–213.
3. Weiss P., Yung K.L., Ng T.C. Planetary and Space Science. (2008). 56.
4. Талалай П.Г. Проникновение в подледниковые озера: планы и реальность // Природа. 2006. №9. С. 45–53.
5. Парфенова Г.В., Чумаченко Е.Н. Анализ двухфазной задачи Стефана для процесса перемещения криобота // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2010. С. 232–235.

References

1. Vasiliev N.I. Deep drilling of the Antarctic ice sheet as a method for studying the paleoclimate // Problems of the Arctic and Antarctic. 2006. No. 76. Pp. 78–88.
2. Chumachenko E.N., Dunham D. and others. Computer simulation of the penetration of cryobot under the ice cover of Europe // Bulletin of the Nizhny Novgorod University. N.I. Lobachevsky. 2011. No. 6(1). Pp. 205–213.
3. Weiss P., Yung K.L., Ng T.C. Planetary and Space Science. 56. 2008.
4. Talalay P.G. Penetration into the subglacial lakes: plans and reality // Nature. 2006. №9. Pp. 45–53.
5. Parfenova G.V., Chumachenko E.N. Analysis of the two-phase Stefan problem for the cryobot movement process // New information technologies in automated systems. 2010. Pp. 232–235.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЫ ПРИ ВДУВЕ ГАЗА С ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ

Н.Н. Золоторёв, В.А. Архипов, С.А. Басалаев, С.Н. Поленчук

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
nikzolotorev@mail.ru

Ключевые слова: коэффициент сопротивления, твердая сферическая частица, вдув газа, объемный расход газа.

Аннотация. Рассмотрен новый метод измерения коэффициента сопротивления сферической частицы при вдуве газа с ее поверхности. Представлены результаты исследования влияния вдува газа с поверхности твердой сферической частицы на коэффициент сопротивления при варьировании соотношения скорости вдува газа и скорости обтекающей частицу потока. На основе полученных результатов показано, что значения коэффициента сопротивления при отсутствии вдува газа с поверхности частицы в исследуемом диапазоне чисел Рейнольдса согласуются со стандартной зависимостью сопротивления для турбулентного режима обтекания, а при вдуве газа с по-

верхности частицы коэффициент сопротивления уменьшается (эффект более выражен при уменьшении скорости обдувающего потока). Получены зависимости изменения коэффициента сопротивления от числа Рейнольдса при изменении скорости вдува газа с поверхности частицы.

TECHNIQUE OF MEASUREMENT OF A RESISTANCE COEFFICIENT FOR SPHERICAL PARTICLE AT A GAS INJECTION FROM ITS SURFACE

N.N. Zolotorev, V.A. Arkhipov, S.A. Basalaev, S.N. Polenchuk

National Research Tomsk State University, Russian Federation
nikzolotorev@mail.ru

Keywords: resistance coefficient, firm spherical particle, gas injection, gas volume flow.

Abstract. A new technique of measurement of a drag coefficient for the spherical particle at a gas injection from its surface is presented. Results of investigation of the effect of the gas injection from a surface of a solid spherical particle on the drag coefficient are presented. In the investigation, the ratio of the gas injection velocity and the velocity of the flow blowing around the particle was varied. Based on the obtained results, it is shown that the drag coefficient in the absence of the gas injection from the particle surface in the examined range of the Reynolds numbers is consistent with the standard drag dependence for the turbulent flow regime. At the same time, when the gas is blown from the particle surface, the drag coefficient is decreased (this effect is more pronounced with a decrease in the flow velocity). The dependences of the change in the drag coefficient on the Reynolds number with changing the velocity of the gas injection from a particle surface.

Процессы движения конденсированных (твердых или жидких) частиц в потоке газа имеют прикладное значение в ряде отраслей техники и технологии, в которых реализуются двухфазные течения рабочей среды [1]. Одной из основных характеристик, определяющих закономерности движения частиц в двухфазном потоке, является коэффициент сопротивления C_x .

Стандартная кривая сопротивления (зависимость C_x от числа Рейнольдса) и большинство теоретических и эмпирических зависимостей для C_x , приведенных в литературе, получены без учета вдува газа с поверхности частицы [2].

В ряде практически важных задач с поверхности частицы происходит интенсивный вдув газообразных продуктов испарения и/или горения частицы (движение горящих угольных частиц в топочных устройствах, горение капель жидкого топлива в камерах сгорания авиационных и ракетных двигателей, испарение капель распыленной воды при авиационном тушении пожаров и т.д.).

В условиях вдува газа с поверхности частицы в несущую среду использование стандартной кривой сопротивления приводит к погрешностям при расчете скорости движения частиц.

Опытные данные разных авторов показывают, что испарение или горение вещества частицы существенно снижает коэффициент сопротивления [3]. При анализе опубликованных результатов следует иметь в виду, что они получены, как правило, при наличии ускорения частицы. При этом выделить в чистом виде влияние потока массы от поверхности частицы достаточно трудно.

Для определения коэффициента сопротивления сферических частиц при вдуве газа с их поверхности предлагается новый метод [4]. Для реализации метода полую сферическую частицу с пористой оболочкой закрепляли на консоли, выполненной в виде полый трубки. Консоль закрепляли на шарикоподшипнике с возможностью ее вращения вокруг горизонтальной оси, расположенной перпендикулярно направлению потока обдувающего газа. Верхняя часть консоли выполнена в виде стрелки, позволяющей измерять на шкале угол поворота консоли при отклонении частицы под воздействием потока газа. Скорость обдувающего потока газа измеряли с помощью трубки Пито.

Во внутреннюю полость частицы подавали через гибкий шланг сжатый воздух из баллона через редуктор с контрольным манометром. Объемный расход вдуваемого в полость частицы воздуха измеряли турбинным расходомером СГ-6. Варьирование расхода вдуваемого через поверхность частицы воздуха позволяет определить зависимость коэффициента сопротивления сферической частицы от интенсивности вдува (числа Рейнольдса Re_s) для заданной скорости обдувающего частицу потока газа, характеризующейся числом Рейнольдса Re_0 .

Представлены результаты экспериментов по исследованию коэффициента сферической частицы при вдуве газа с ее поверхности. В экспериментах использовалась полая перфорированная сферическая частица диаметром $D_p = 40$ мм, массой $m_p = 2.71$ г. В первой серии экспериментов измеряли коэффициент сопротивления частицы при отсутствии вдува газа с ее поверхности. Во второй серии экспериментов измеряли коэффициент сопротивления частицы при вдуве газа с ее поверхности с заданным объемным расходом и с заданными значениями скорости обдувающего потока.

В данной работе представлены результаты исследования коэффициента сопротивления частицы при вдуве газа и при его отсутствии вдува. Показано, что полученные значения коэффициента сопротивления (без вдува газа) в диапазоне чисел Рейнольдса $Re_0 = (3.14 \div 9.94) \cdot 10^3$ согласуются со стандартной зависимостью [5] для турбулентного режима обтекания ($C_{xo} = 0.44$ при $Re_0 > 10^3$). При вдуве газа с поверхности частицы в исследованном диапазоне чисел Рейнольдса коэффициент сопротивления уменьшается ~20%. Этот эффект более выражен при уменьшении скорости обдувающего потока.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-19-10014).

Литература

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. Л.: Химия, 1982. 288 с.
2. Стернин Л.Е., Шрайбер А.А. Многофазные течения газа с частицами. М.: Машиностроение, 1994. 320 с.
3. Шрайбер А.А. Многофазные полидисперсные течения с переменным фракционным составом дискретных включений // Итоги науки и техники: Комплексные и специальные разделы механики. М.: ВИНТИ, 1988. С. 3–80.
4. Заявка на патент РФ. Способ определения коэффициента сопротивления сферической частицы при вдуве газа с ее поверхности, МПК G01N 21/85; B01L 1/00 / В.А. Архипов, С.А. Басалаев, К.Г. Перфильева, С.Н. Поленчук, Р.А. Юсупов, Е.А. Маслов.
5. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. М.: Наука, 1987. 464 с.

References

1. Romankov P.G., Kurochkina M.I. Gidromekhanicheskie protsesy khimicheskoy tekhnologii [Hydromechanical processes of chemical technology]. Leningrad: Khimiya Publ., 1982. 228 p.
2. Sternin L.E., Shraiber A.A. Mnogofaznye techeniya gaza s chastitsami [Multiphase flows of gas with particles]. Moscow: Mashinostroenie, 1994. 320 p.
3. Shreiber A.A. Multiphase polydisperse flows with variable fraction composition of disperse inclusions // Itogi nauki i tekhniki. Seriya: Kompleksnye i spetsialnye razdely mekhaniki. Vol. 3. VINITI, Moscow, 1988. Pp. 3–80.
4. Application for a patent of the Russian Federation. The method for determining the resistance coefficient of a spherical particle when a gas is blown from its surface, MPK G01N 21/85; B01L 1/00 / Arkhipov V.A., Basalaev S.A., Perfilyeva K.G., Polenchuk S.N., Yusupov R.A., Maslov E.A.
5. Nigmatulin R.I. The dynamics of the multiphase media // Moscow: Nauka, Part 1, 1987. 464 p.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИУРАНАТА АММОНИЯ

В.В. Ким, В.Н. Брендаков

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
valeriyakim705@gmail.com

Ключевые слова: полиуранаты аммония, термическое разложение, математическая модель.

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с созданием математической модели процесса термического разложения полиуранатов аммония. Путем сделанных допущений получена система уравнений, описывающая замкнутый цикл основных процессов, происходящих в барабанной вращающейся печи. Выполнены расчеты полей компонент вектора скорости и температуры. Получена расчетная зависимость степени пре-