

А.О. КАЗАЧИНСКИЙ, И.Ю. КРУТОВА

*Снежинский физико-технический институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Снежинск, Россия*

## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСХОДЯЩИХ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ ТИПА ТОРНАДО**

На основе схемы, предложенной профессором Баутиным С.П., и исходя из данных шкалы Фудзиты, где систематизированы данные натурных наблюдений за этим природным явлением, установлены внешние радиусы притока воздуха в придонных частях торнадо всех классов из таблицы Фудзиты, рассчитаны газодинамические характеристики и кинетическая энергия потока. Рассчитаны мгновенные линии тока для нестационарного случая трехмерного течения политропного газа.

A.O. KAZACHINSKIY, I.Y. KRUTOVA

*Snezhinsky Institute of Physics and Technology National Research Nuclear University "MEPhI", Snezhinsk, Russia*

## **ANALYTICAL AND NUMERICAL STUDY OF TORNADO-TYPE UPWARD SWIRLING CURVES**

Based on the scheme proposed by Professor Bautin S.P. and on the data of the Fujita scale, where the data of field observations of this natural phenomenon are systematized, the external radii of the air inflow in the bottom parts of tornadoes of all classes from the Fujita table are established, the gas-dynamic characteristics and kinetic energy of the flow are calculated. Instantaneous streamlines are calculated for the non-stationary case of a three-dimensional flow of polytropic gas.

Данное исследование является актуальным в силу необходимости понимания физических процессов, вызывающих и поддерживающих достаточно длительное время восходящих закрученных движений воздуха. Изучение природы возникновения вихрей (торнадо, смерчи, тропический циклон) необходимо для раннего предупреждения и эффективной борьбы с их разрушительными последствиями.

Для системы уравнений газовой динамики с учетом действия сил тяжести и Кориолиса по предложенной С. П. Баутиным (см. [1–2]) схеме возникновения и устойчивого функционирования восходящих закрученных потоков рассмотрена одна конкретная характеристическая задача Коши с начальными данными на непроницаемой горизонтальной плоскости  $z=0$  [3]. Рассмотренная задача является характеристической задачей Коши стандартного вида, у которой в случае аналитичности входных данных имеется единственное аналитическое решение. Описана процедура построения коэффициентов бесконечных рядов с тем, чтобы конечный отрезок этого ряда применить для приближенного описания течений газа в придонных частях торнадо и тропического циклона, что позволило численно находить решения для описания стационарного трехмерного течения газа в восходящих закрученных потоках. Распределения газодинамических параметров исследуемых течений представлены в числовом и в графическом виде. Они соответствуют данным натурных наблюдений за торнадо различных классов и за тропическим циклоном средней интенсивности. Анализ геометрических, скоростных и энергетических характеристик рассматриваемых течений показал следующее: разрушительный характер имеют те, наблюдаемые в природе торнадо, у которых кинетическая энергия окружного движения в придонной части больше кинетической энергии радиального движения воздуха в этой части потока.

С помощью численного метода характеристик численно найдены решения для коэффициентов рядов, которые определяются через систему уравнений газовой динамики с учетом действия сил тяжести и Кориолиса, которая описывает трехмерное нестационарное придонное течение политропного газа в восходящих закрученных потоках. Представлен анализ и исследование коэффициентов сходящихся рядов для газодинамических параметров различных классов по данным натурных наблюдений, которые повторяют природное явление.

### *Список литературы*

1. Баутин С.П., Крутова И.Ю., Обухов А.Г. Газодинамическая теория восходящих закрученных потоков. – Екатеринбург: УрГУПС, 2020. – 399 с.
2. Баутин С.П., Крутова И.Ю. Аналитическое и численное моделирование течений газа при учете действия силы Кориолиса. – Екатеринбург: УрГУПС, 2019. – 181 с.
3. Казачинский А.О., Крутова И.Ю. Построение течений в придонной части восходящих закрученных потоков как решение одной характеристической задачи Коши : Препринт. – Снежинск : издательство СФТИ НИЯУ МИФИ, 2016. – 60 с.