

ФРАКТАЛЬНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТРУБ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

Б.К.Сарсенбаев, Б.Б.Дусипов, Б.К.Тажигулова, Б.А.Шаймерденов
ЮКГУ им. М.Ауезова, г.Шымкент
ЦеЛСИМ, г.Алматы

Процесс переработки газов протекает при температурах $1905,8 - 2003,8$ °С со средней скоростью газовой смеси порядка 20 м/с. При таких значениях параметров газовой смеси формируется турбулентное движение.

Турбулентность – несомненно, один из наиболее интересных и сложных видов движения в макроскопических системах. Турбулентность, как общезначимое явление, рассматривалась Ю.Л.Климонтовичем [1], хотя в основополагающих работах А.А.Колмогорова, Л.Д.Ландау [2] и других исследователей были выяснены ее отдельные физические аспекты. Идея о турбулентности, как процессе самоорганизации, была высказана Ю.Л.Климонтовичем и, независимо от него, И.Пригожиным, И.Стенгерс [3, 4]. В работах Б.Мандельброта [5] и других авторов была показана эффективность применения теории фракталов к описанию сложных явлений различной природы, в том числе и турбулентности.

С точки зрения синергетики, турбулентность представляет собой процесс самоорганизации, приводящей к образованию вихрей и их кластеров в возмущенной среде, т.е. к образованию порядка из хаоса.

При образовании порядка из хаоса происходит взаимодействие структурных элементов потока, обладающих поступательной и вращательной степенями свободы. При этом допускается предположение, что при взаимодействии структурных элементов, т.е. вихрей и их кластеров, общее их число и энергия сохраняются, а закон сохранения импульса не выполняется. Это представляет собой стохастическую модель взаимодействия структурных элементов турбулентного потока.

Стохастическое образование структур различного пространственно-временного масштаба сопровождается сбалансированным процессом их распада. Объекты, имеющие структурное, иерархически самоподобное строение, называются фракталами. Их случайные образования различной сложности образуют мультифракталы. Вероятностное поведение симметрии в виде структурирования является необходимым и достаточным условием выявления структуры хаоса.

Структурные элементы однородной и изотропной турбулентности образуют самоподобные мультифракталы, коэффициент подобия которых одинаков по всем пространственным переменным. Однако, реальные начальные и граничные условия приводят к неоднородности и анизотропии турбулентного потока. Структурные элементы и их образования следует рассматривать как самоафинные мультифракталы с коэффициентом подобия, зависящим от пространственных и временных переменных. Описание свойств самоафинных мультифракталов связано с принципиальными трудностями, в частности, существует проблема неоднозначности определения их фрактальной структурной размерности.

Структурные элементы турбулентности в виде вихрей и их образований, являющиеся элементарными возбуждениями рассматриваемой нелинейной среды, каковым является загрязненный атмосферный воздух, пространственно локализованы, находятся всегда в движении, и их можно рассматривать в виде квазичастиц. Поэтому распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе следует рассматривать как рассеяние квазичастиц.

Основу теории турбулентности составляет степенная зависимость числа вихрей от их заданного размера. Характер этой зависимости будет разным для различных каскадных процессов образования вихрей, так как образования каскадных процессов, в свою очередь, зависят от начальных и граничных условий выделения турбулентного потока. При этом, будет различной и картина перемежаемости – степени заполнения пространства турбулентными вихрями. Мно-

жество рассматриваемой степенной зависимости можно описать введением моментов порядка q вероятности p_i попадания вихря в ячейку размером δ с индексом i , которое будет характеризоваться вероятностью p_i и моментом порядка q . Тогда взвешенное число вихрей $N(q, \delta)$ в турбулентном потоке представляется в виде [6, 7]:

$$N(q, \delta) = \sum_i P_i^q \sim \delta^{-\tau(q)}, \quad (1)$$

где $\tau(q)$ - показатель перемежаемости или скейлинговая функция, которая определяется из выражения:

$$\tau(q) = \lim_{\delta \rightarrow 0} - \frac{\ln N(q, \delta)}{\ln \delta}. \quad (2)$$

Для самоподобных мультифракталов показатель перемежаемости $\tau(q)$ может быть определен из формулы Реньи:

$$D_q = \frac{1}{q-1} \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln N(q, \delta)}{\ln \delta}, \quad (3)$$

где D_q - обобщенная размерность мультифракталов.

Для $\tau(q)$ имеем:

$$\tau(q) = (1-q) D_q, \quad (4)$$

Функция $\tau(q)$ называется показателем массы или показателем перемежаемости.

Под мерой $\sum p_i^q$ нужно понимать различные физические величины: завихренность азродинамического поля, массу, турбулентность потока, скорость, давление и т.д.:

$$\sum p_i^q = N \delta^{d-q}; \quad D_q = \frac{1}{q-1} \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\ln \delta^{(q-1)d}}{\ln \delta} = d, \quad (5)$$

где d - топологическая размерность ячейки изучаемого объекта.

Как видно из формул 1-5, существует связь между перемежаемостью и мультифракталом. Понятие мультифракталов создает возможность построения случайных нетривиальных структур. В основе построения структур лежит то обстоятельство, что многие характеристики турбулентности подвержены флуктуациям, например, распределение скорости, энергии, давления, концентрации в объеме атмосферного воздуха и т.п. Общая особенность для всех этих структур заключается в ее независимости от линейного масштаба. Изучение распределения физических величин или иных характеристик на геометрическом носителе приводит к понятию мультифракталов.

Физическая сущность момента q приводит к связи мультифрактальности с явлением самоорганизации вихрей. Для изучения рассеяния загрязняющих веществ от различных источников в атмосферном воздухе целесообразно использовать перемежаемость турбулентного потока. Распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе происходит таким образом, что величины, которые являются характеристиками этого процесса, подвергаются непрерывной флуктуации в выделенном объеме воздуха. Таковую субстанцию следует рассматривать не как рассеяние отдельных частиц или молекул газа в атмосферном воздухе, а как перенос вихрей,

обладающих свойством самоорганизации и перемежаемости под действием атмосферных явлений.

Такая субстанция может распространяться на огромные расстояния в зависимости от порядка момента q . Значению q можно придать смысл числа пар взаимодействующих вихрей. В атмосферном воздухе при распространении турбулентного потока происходит взаимодействие многих вихрей в пространстве и времени, которые можно свести, в первом приближении, к взаимодействию двух вихрей. Из этого следует сделать вывод о том, что вихри дробятся и объединяются. При этом, эти процессы являются квазистационарными и сбалансированными. При распаде происходит диссипация энергии, а при объединении - передача энергии. В результате этого возникает возможность достаточно длительно существовать различным примесям в локальном объеме атмосферного воздуха. Вследствие самоорганизации вихрей, в точках пространства концентрация загрязняющих веществ может изменяться в соответствии с флуктуациями. Поэтому при оценке распространения загрязняющих веществ необходимо учитывать эти особенности.

Литература

- 1 Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса. – М.: Наука, 1990. – 320 с.
- 2 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986. – 736 с.
- 3 Пригожин И.Р., Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах.- М.: Мир, 1979. – 512 с.
- 4 Пригожин И.С. Неравновесная статистическая механика.- М.: Мир, 1964. – 314 с.
- 5 Mandelbrot B.B. Fractals. Form, Chance and Dimtnision. -San Francisko: W.H.Freeman, 1977.
- 6 Пред.патент № 11950 РК. Способ определения коэффициента рассеяния пыли и газа в атмосфере от источников загрязнения /Жараспаев М., Нургабылов У.Ш., Тажигулова Б.К. и др.: опубл. 16.09.2000. Бюлл. № 9.
- 7 Жараспаев М.Т., Тажигулова Б.К. Аналитическое исследование влияния вида источника на рассеяние вредных газообразных веществ в атмосфере //Труды седьмой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности». Том I. – Алматы: КазНТУ, 2005.- С.18-21.

Қорытынды

Түрлі көздерден келетін зиянды заттардың атмосфералық ауада таралуы зерттелген. Субстанция q моментінің ретіне қарай үлкен көлемдегі аралықтарда таралуы мүмкін. Бұл процестер квазистационар және балансты болып келеді.

Summary

The dispersion of polluting substances from various sources in atmospheric air is investigated. The substation can be distributed to huge distances depending on the order of the moment q . These processes is kvazistatsionar and balansing.