

с. 1709—1714. [2] Киселев А. В., Лебедев А. Н. Самофокусировка электронного пучка в замедляющихся системах.— ЖТФ, 1972, 42, с. 699—704. [3] Рухадзе А. А. и др. Физика сильноточных релятивистских электронных пучков. М., 1980, 168 с. [4] Гришин В. К. Устойчивость заряженного пучка в накопительных системах.— Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1962, № 3, с. 75—81.

Поступила в редакцию  
10.07.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, Т. 22, № 3

УДК 551.515.2

## О ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ АТМОСФЕРНЫХ ВИХРЕЙ

Е. П. Анисимова, А. М. Гусев, А. А. Сперанская, В. С. Шандин

(кафедра физики моря и вод суши)

В целях изучения механизма возникновения и развития тропических ураганов создана лабораторная модель атмосферного вихря, в которой тепловые эффекты играют определяющую роль. Граничные условия на нижней поверхности создаются с помощью теплой воды, имеющей круговую поверхность диаметром 1 м. Вода в установке нагревается с помощью водяных танов, температура ее может изменяться в интервале от комнатной до 80°C и поддерживаться постоянной посредством терморегулятора. Теплый влажный воздух над нагретой водой обладает подъемной силой, и, таким образом, в установке создается неустойчивая плотностная стратификация. Для создания углового момента в системе по периметру установки располагаются 20 вертикальных пластин высотой 1 м каждая («тангенциальные окна» [1]). Угол поворота пластин к радиусу установки и определяет боковые граничные условия. Этот угол может меняться в пределах от 0 до 90° в обе стороны и для обеспечения симметрии боковых граничных условий выставляется постоянным для всех пластин. В созданной установке можно варьировать подъемную силу и угловой момент. Первое достигается изменением температуры воды, и вследствие этого изменяется перепад давления между центральной и периферической частями установки. Второе обуславливается изменением угла поворота боковых пластин.

Начиная с некоторого значения температуры воды и определенного угла поворота «тангенциальных окон» происходит концентрация горячего влажного воздуха к центру системы и в установке возникает отчетливо видимый вихрь, фотография которого (вид сбоку) приведена на рис. 1. Видимая часть вихря представляет собой вращающийся столб водяного пара и мелких капелек сконденсированной влаги.

Для исследования структуры полученной вихревой системы было выполнено фотографирование горизонтальных разрезов вихря на разных расстояниях от подстилающей поверхности. С этой целью был сконструирован плоский световой луч («световой нож»), высвечивавший тонкие (1—2 см) горизонтальные слои вихревой системы. На рис. 2 приведена фотография поперечного разреза вихря в непосредственной близости от водной подстилающей поверхности, т. е. в тонком приводном пограничном слое. На рисунке видны траектории движения частиц воздуха, которые имеют вид спиралей, сходящихся практически в одну точку. Они свидетельствуют о существовании в приводном пограничном слое вихревой системы значительного радиального потока воздуха, сравнимого по величине с тангенциальным потоком. Наблюда-

ния показывают, что поверхность воды в установке слабо циркулирует. В точке схождения струек пара наблюдается небольшое вздутие поверхности воды.

Фотографии поперечных разрезов вихря на различных высотах показали, что центральная область вихря состоит из плотного кольцевого района пара и капелек влаги с отчетливо видимым темным ядром в центре. Такая структура характерна для всей сформированной вихревой системы, за исключением тонкого слоя, непосредственно примыкающего к водной поверхности. Во внешней области вихря пар распределяется неоднородно. Структура сформированной в лабораторных условиях вихре-

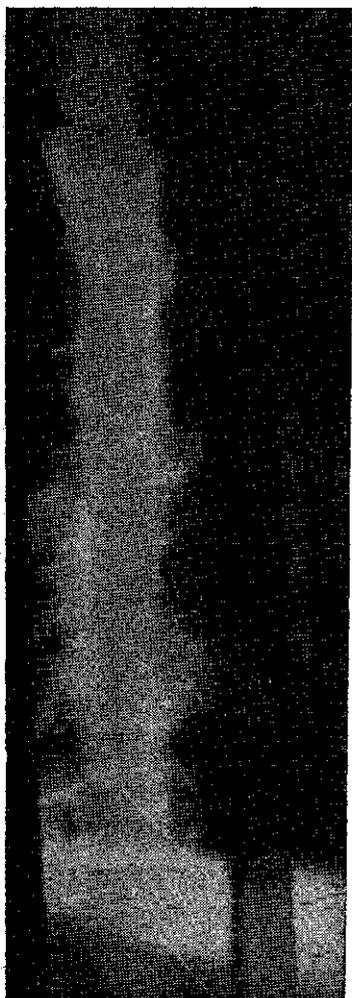


Рис. 1



Рис. 2

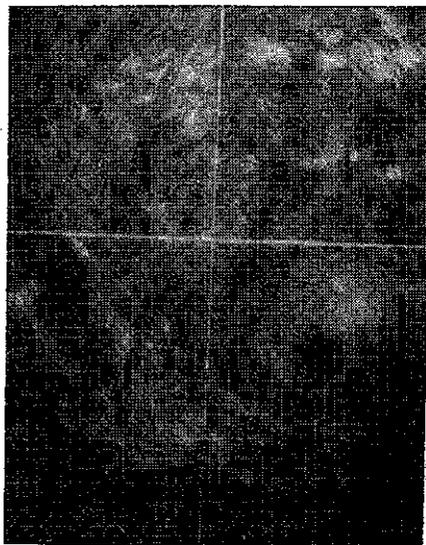


Рис. 3

вой системы качественно подобна структуре реальных ураганов, в центре которых наблюдается ядро с пониженной влажностью («глаз бури»), окруженное плотным кольцевым облачным районом («стена глаза»). Из данных наблюдений за реальными ураганами следует, что воздушные массы во внешнем районе урагана движутся по спиральям, которые свойственны и смоделированной вихревой системе.

Для количественного измерения тангенциальной и радиальной компонент скорости в созданной вихревой системе выбран метод фоторегистрации светящихся индикаторов, в качестве которых используется алюминиевая пыль. С помощью фотокамеры РФК-5 производится фотографирование тонких поперечных слоев вихря на различных расстояниях от водной поверхности, высвеченных с помощью «светового ножа». Использование обтюратора, установленного перед объективом, позволяет получить на фотографиях треки частиц в виде ряда штрихов, длина которых определяется частотой вращения обтюратора и значением скорости движения частиц в данной точке вихревой системы. Треки частиц видны на рис. 3. Обработка фотографий на стереокомпараторе позволяет получить радиальные профили тангенциальной и радиальной составляющих поля скорости воздушного потока на различных расстояниях от подстилающей водной поверхности.

Обработка первых полученных фотографий свидетельствует, что радиальные профили тангенциальной составляющей скорости в созданной модели качественно подобны аналогичным профилям в реальных ураганах.

Следует отметить, что качественное подобие полей температуры и влажности, а также радиальных профилей тангенциальной компоненты скорости в реальных ураганах и в лабораторной модели атмосферного вихря было получено авторами ранее на модели, где динамика вихревой системы задавалась механически путем вращения вертушки, расположенной в верхней части установки [2]. При этом воздушный вихрь мог быть сформирован и в случае холодной подстилающей поверхности.

Особенностью же вихревой структуры, описанной в настоящей работе, является то, что сила Архимеда определяет формирование динамики вихревой системы: единственным источником энергии в созданной модели вихря является теплая водная подстилающая поверхность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Fitzjarrald D. E. A laboratory simulation of convective vortices.— J. Am. Sci., 1973, 30, N 5, p. 894—902. [2] Анисимова Е. П., Гусев А. М., Сперанская А. А., Шандин В. С. Физическая модель атмосферного концентрированного вихря.— В кн.: XIV Тихоокеанский научный конгресс (тезисы докладов). М., 1979, с. 1.

Поступила в редакцию  
22.09.80

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1981, Т. 22, № 3

УДК 621.396.963.31

#### МОДУЛЯТОР СВЕТА ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА НА КРИСТАЛЛЕ GaAs С ЧАСТОТОЙ МОДУЛЯЦИИ 480 МГц

М. И. Зусман, Е. Р. Мустель

(кафедра физики колебаний)

В связи с возросшим вниманием к инфракрасному диапазону несомненный интерес представляет исследование СВЧ-модулятора лазерного излучения с длиной волны  $\lambda=10,6$  мкм. При частоте модуля-