

этих волокон состоит в том, что при термообработке у них модуль упругости увеличивается от  $30 \div 40$  до 140 ГПа, а прочность от  $\sim 1$  до  $\sim 4$  ГПа. При этом происходит самоудлинение волокон на  $\sim 1\%$ . Кроме того, эти волокна не имеют ярко выраженной кристаллической структуры.

Для измерения  $\Delta V/V$  и оценки  $\nu_{r\theta}$  по этим данным мы использовали методику, описанную в работе [11]. Объемы волокна и жидкости в этом случае были почти равны и вместе составляли  $0,7 \text{ см}^3$ . Перед измерением проводили шесть циклов нагружения до 4500 атм для возможной усадки волокна и снятия внутренних напряжений. После этого проводили основное нагружение до 4500 атм. Температура смеси поддерживалась постоянной и равной  $18^\circ\text{C}$ . Чтобы избежать нежелательных динамических и адиабатических явлений, скорость нагружения поддерживалась равной 5 атм/с. Все вычисления были проведены для давления 1000 атм.

Из таблицы, где представлены результаты вычислений, видно, что значения продольного модуля Юнга ( $E_z$ ) после термообработки повысились, а поперечного ( $E_r$ ) — понизились. Известно [12], что при термообработке этих волокон происходит дополнительное вытягивание макромолекулярных цепей и повышается их ориентация вдоль оси волокна: средний угол разориентации макромолекул после термообработки составляет  $2 \div 3^\circ$ . Этим и объясняется повышение продольного модуля Юнга: растяжение волокон происходит за счет растяжения основного скелета молекулы, а не за счет их распрямления и ориентации [13]. Кроме того, при термообработке плоскости гетероциклов и фениленовых колец разных макромолекул располагаются в параллельных плоскостях и сближаются. Это приводит к уменьшению свободного объема и как следствие к уменьшению КП, а также к повышению плотности (см. таблицу).

| Тип волокна        | Параметры волокна |            |                 |             |                             |
|--------------------|-------------------|------------|-----------------|-------------|-----------------------------|
|                    | $E_r$ (ГПа)       | $\nu_{rz}$ | $\nu_{r\theta}$ | $E_z$ (ГПа) | $\rho$ (кг/м <sup>3</sup> ) |
| Свеже-сформованное | 4,0–5,0           | 0,35       | 0,27            | 110         | 1400                        |
| Термо-обработанное | 3,2–4,3           | 0,29       | 0,24            | 150         | 1440                        |

Таким образом, изменения значений КП обусловлены конформационно-структурными перестройками макромолекул и надмолекулярных образований при термообработке.

#### Литература

1. Армирующие химические волокна для композиционных материалов / Под ред. Г.И. Кудрявцева. М.: Химия, 1992.
2. Микитишин С.И. // Физ.-хим. механика материалов. 1982. **18**, № 3. С. 84.
3. Кузьменко В.А. Новые схемы деформирования твердых тел. Киев: Наукова думка, 1973.
4. Nakamae K., Nishino T., Shimizu Y., Matsumoto T. // Polym. J. 1987. **19**. P. 451.
5. Gaymans R. J., Tjissen J., Harkema S., Bantjes A. // Polymer. 1976. **17**. P. 517.
6. Northolt M.G. // Polymer. 1980. **21**. P. 1199.
7. Allen S.R. // Polymer. 1988. **29**. P. 1091.
8. Rutledge G.C., Suter U.W. // Macromolecules. 1991. **24**. P. 1921.
9. Сидоров С.В., Шаблыгин М.В., Щетинин А.М. // Хим. волокна. 1999. № 3. С. 38.
10. Nakamae K., Nishino T., Airu X. // Polymer. 1992. **33**. P. 4898.
11. Сидоров О.В., Шаблыгин М.В., Щетинин А.М. // Хим. волокна. 1998. № 6. С. 33.
12. Милькова Л.П., Пожалкин Н.С., Бандурян С.М., Глазунов В.Б. // Хим. волокна. 1997. № 3. С. 24.
13. Слуцкер А.И., Исмонкулов К. // Высокомолекулярное соединение. 1988. **30** А. С. 424.

Поступила в редакцию  
07.02.00

## ГЕОФИЗИКА

УДК 551.515.2

### О ВЛИЯНИИ ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНОГО ИНТЕНСИВНОГО КОНВЕКТИВНОГО ВИХРЯ

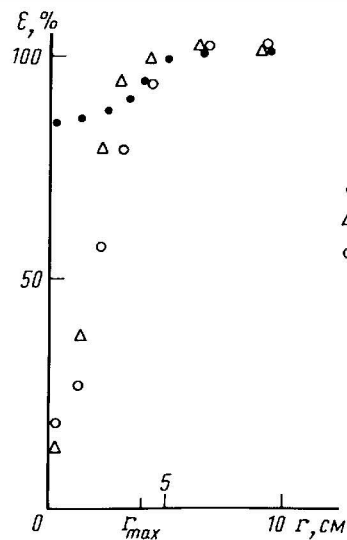
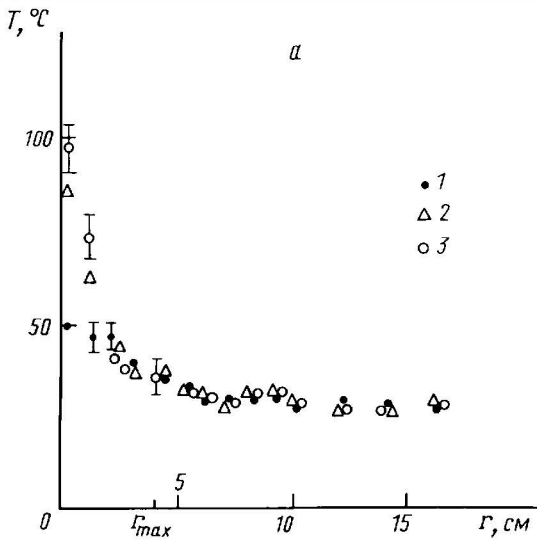
Е. П. Анисимова, А. А. Сперанская, О. Н. Чернышев

(кафедра физики моря и вод суши)

Приводятся результаты модельных экспериментов по исследованию структуры воздушных интенсивных конвективных вихрей. Рассмотрено влияние температуры подстилающей поверхности на поле температуры и влажности и на величину максимального значения горизонтальной составляющей скорости в вихре.

Эксперименты с модельными интенсивными конвективными вихрями (ИКВ) [1–3] показали, что основным критерием подобия, определяющим структуру влажных ИКВ, является тепловое число Фруда,

отражающее отношение двух основных сил, действующих в таких вихрях в радиальном направлении — центробежной и силы, вызываемой радиальным градиентом давления:



$$Fr^* = \frac{V_\infty^2}{Rg\Delta T/T_\infty},$$

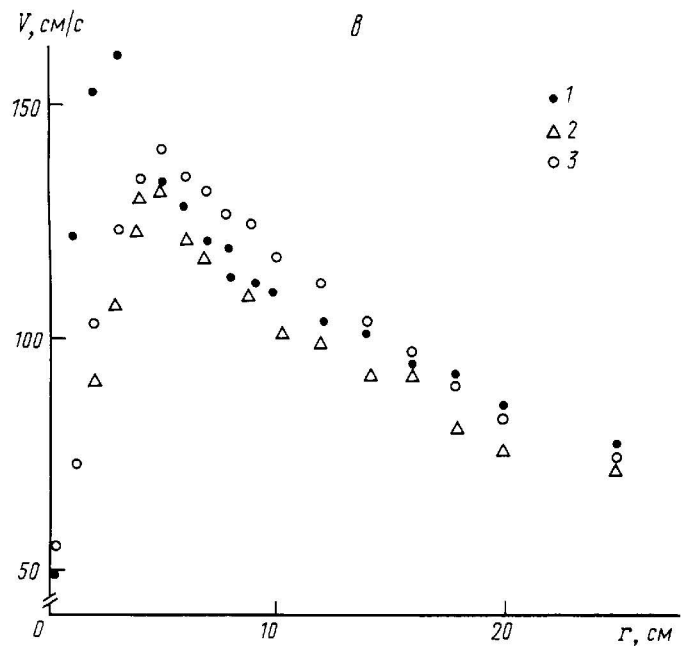
где  $R$  и  $V_\infty$  — радиус вихря и горизонтальная составляющая скорости на его периферии,  $g$  — ускорение силы тяжести,  $\Delta T = T_0 - T_\infty$ ,  $T_0$  и  $T_\infty$  — температура подстилающей водной поверхности в центре вихря и окружающего вихрь пространства соответственно.

Наиболее интенсивные вихри (интенсивность вихря принято оценивать величиной максимальной горизонтальной скорости  $V_{max}$  в нем) характеризуются значениями числа  $Fr^*$  от 0,030 до 0,080. При  $Fr^* < 0,03$  и  $Fr^* > 0,080$  интенсивность вихрей падает.

Величина  $V_{max}/V_\infty$ , которая характеризует степень концентрированности вихря, монотонно растет при уменьшении теплового числа Фруда. Во влажных ИКВ максимальная скорость  $V_{max}$ , наблюдаемая на расстоянии  $r_{max}$  от центра вихря, может превышать скорость  $V_\infty$  на его периферии в 5–7 раз, что наблюдается в мощных ураганах и тайфунах.

В модельных экспериментах, результаты которых приводятся ниже, было исследовано влияние изменения температурных характеристик подстилающей водной поверхности на структуру ИКВ. Рассматривалось два случая: а) подстилающая водная поверхность имела однородное, но различное по величине значение температуры; б) в ядре вихря на подстилающей поверхности располагался локальный источник тепла различной мощности.

В первой серии экспериментов скорость  $V_\infty$  оставалась постоянной и изменялась только температура  $T_0$  подстилающей водной поверхности в пределах, соответствующих изменению теплового числа Фруда от 0,05 до 0,09. В этом случае радиальный профиль горизонтальной составляющей скорости  $V(r)$  характеризуется четким максимумом, соответствующим радиусу  $r_{max}$ , значение которого с ростом температуры  $T_0$  (а следовательно, с уменьшением числа  $Fr^*$ ) мало меняется, а величина максимального значения горизонтальной составляющей скорости  $V_{max}$  растет.



Радиальные распределения температуры (а), относительной влажности (б) и горизонтальной составляющей скорости (в) в вихре при однородной температуре подстилающей поверхности (1) и при наличии в центре вихря локального источника тепла мощностью 100 (2) и 180 Вт (3)

Во второй серии экспериментов в центре вихря помещался локальный источник тепла. Порядок проведения экспериментов был следующим. Интенсивный конвективный вихрь формировался при однородной температуре подстилающей водной поверхности, и измерялись его параметры: поля температуры и относительной влажности, радиальный профиль  $V(r)$  на фиксированном расстоянии от подстилающей поверхности. После этого в центр вихря вводился пенопластовый минипоплавок, на котором был укреплен спиралевидный тепловой источник. Подавая различные напряжения на спираль, можно было имитировать поверхностный точечный источник тепла различной мощности. После введения источника тепла в центр вихря измерялись упомянутые выше параметры. Типичные радиальные профили температуры  $T$  и относительной влажности  $\epsilon$ , которые были получены как при однородной температуре подстилающей

водной поверхности, так и при наличии в центре вихря локального источника тепла мощностью 100 и 180 Вт, представлены на рисунке, *а, б*. Как видно из рисунка, *а, б*, внесение локального источника тепла в центр вихря изменяет характер радиального распределения температуры и относительной влажности только в его центральной части: абсолютные значения температуры воздуха здесь резко возрастают, а относительная влажность падает. Тепло, выделяемое локальным источником, остается в пределах области, ограниченной радиусом  $r^*$ , причем  $r^* < r_{\max}$ . На радиусах, больших, чем  $r^*$ , радиальное распределение температуры и относительной влажности практически не зависит от наличия или отсутствия теплового локального источника в центре вихря. Масса теплого сухого воздуха находится как бы в «ловушке»

Представляет интерес рассмотреть, как влияет наличие локального источника тепла в центре вихря на радиальное распределение горизонтальной составляющей скорости в нем. Профили  $V(r)$ , измеренные при однородной температуре водной подстилающей поверхности и при наличии в центре вихря локального теплового источника различной мощности (рисунок, *в*), показывают, что радиус  $r_{\max}$ , соответствующий максимальным скоростям, минимален при однородной температуре подстилающей поверхности. При введении же локального источника в центр вихря  $r_{\max}$  несколько увеличивается. Следует отметить, что наличие локального источника тепла в центре вихря уменьшает максимальную скорость в вихре  $V_{\max}$ . Как при однородном распределении температуры подстилающей поверхности, так и при наличии в центре вихря локального источника теп-

ла различной мощности радиальное распределение горизонтальной скорости имеет четко выраженный максимум и обладает формой, типичной для профиля скорости в концентрированном вихре.

Таким образом, введение локального источника тепла в центр вихря приводит к некоторому уменьшению максимального значения горизонтальной составляющей скорости по сравнению с режимом однородной поверхностной температуры. Равномерное же увеличение температуры подстилающей водной поверхности обуславливает рост максимальных значений горизонтальной составляющей скорости в вихре. Следовательно, изменение абсолютного значения температуры подстилающей водной поверхности и введение локального источника тепла в центр вихря по-разному влияют на интенсивность конвективной вихревой системы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 99-05-64048).

#### Литература

1. Анисимова Е.П., Матхеев С.С., Милехин Л.И., Сперанская А.А. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1995. № 5. С. 57 (Moscow University Phys. Bull. 1995. No. 5. P. 53).
2. Анисимова Е.П., Сперанская А.А. // Взаимодействие в системе литосфера–гидросфера–атмосфера. М.: Недра, 1996, С. 209.
3. Анисимова Е.П., Николаев А.М., Сперанская А.А., Чернышев О.Н. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1997. № 4. С. 38 (Moscow University Phys. Bull. 1997. No. 4. P. 56).

Поступила в редакцию  
10.03.00