

УДК 533.6.697

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ТОРЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА СТРУКТУРУ ПОТОКА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ

Наводяться результати чисельного дослідження впливу форми торцевої поверхні на структуру потоку у тупиковій частині вихрової камери з тангенціальним підведенням у неї затопленого повітряного струменя. В якості програмного забезпечення було використано програму «FlowVision». Отримано розподілення структури потоку та зроблено їх порівняння для різної геометрії торця камери.

Results of numerical research of influence of the form of a face surface on stream structure in a deadlock part of the vortical chamber with tangential leading in it of the flooded air stream are resulted. As the software the program «FlowVision» has been used. Distributions of structure of a stream are received and their comparison for different geometry of an end face of the chamber is made.

Введение

Ранее была исследована структура воздушного потока вдоль тупиковой области цилиндрической вихревой камеры с тангенциальным подводом среды, в которой торец был плоским и расположен перпендикулярно к оси камеры [1–3]. Дальнейшее изучение ставило цель определить влияние формы торцевой поверхности на структуру течения в указанной области для осуществления возможности управления потоком. Компьютерное моделирование с использованием программного продукта «FlowVision» показало достаточно хорошее согласование с экспериментальными данными (отклонение составляет не более 4% для предварительного расчета без адаптации сетки) [4]. Поэтому в дальнейшем исследовании было основано не на физическом эксперименте, а на результатах численных расчетов.

Результаты исследования

Средствами программы Solid Works были созданы несколько моделей цилиндрической вихревой камеры с тангенциальным подводом воздуха с размерами: диаметр $d = 102$ мм, протяженность тупиковой части $L = 449$ мм, отсчитываемой от середины среза подводящего окна с размерами 41×25 мм. Различие между камерами состояло в геометрии торцевого узла. На рис. 1 представлены все изучаемые модификации вихревой камеры.

В постановке задачи принималась средняя скорость воздуха на входе тангенциально расположенного окна 37 м/с, что отвечало числу Рейнольдса по параметрам сопла $Re_c = 77590$.

При численном моделировании была использована модель несжимаемой жидкости со стандартной $k-\mu$ моде-

Р.А. Макаренко, канд. техн. наук
Национальный авиационный университет, г. Киев

лью турбулентности, которая позволяет моделировать течение при больших числах Рейнольдса и малых изменениях плотности среды. Расчетная сетка формировалась с адаптацией ячеек вблизи стенок, на входе и на торцевой поверхности, что повышает точность расчета. Общее число расчетных ячеек составляло $14940-15034$ (в зависимости от формы торцевой части), что соответствовало шагу ячеек около 8 мм (во впускном сопле шаг составлял от 2 до 4 мм).

Предыдущие исследования показали, что на процесс возникновения и развития торцевого течения существенно влияют такие геометрические факторы вихревой камеры, как угол входа струи и ее тангенциальность. Влияние глубины расположения торца по отношению к соплу менее существенно в вопросе закономерности формирования структуры потока. Общая физика процесса исследована и описана в работах [1–3].

В результате численного расчета были получены картины кинематики течения в виде заливки с градацией цвета по скорости (рис. 2) и в виде векторов скорости (рис. 3). Во всех случаях имеются два направленных к торцу основных потока и приосевая зона оттока. Потоки разделяет промежуточная область с турбулентными вихрями, в которой они приобретают подкрутку.

Анализ результатов расчета показывает почти идентичность структуры потоков. Значения осредненных скоростей также незначительно отличаются для различных форм поверхностей торца (до $1,2\%$). Имеется отличие в поведении потока непосредственно вблизи торца. Это выражается в степени неоднородности подкрутки вихря. Однако геометрические центры этих зон находятся почти на одинаковом удалении от торца.

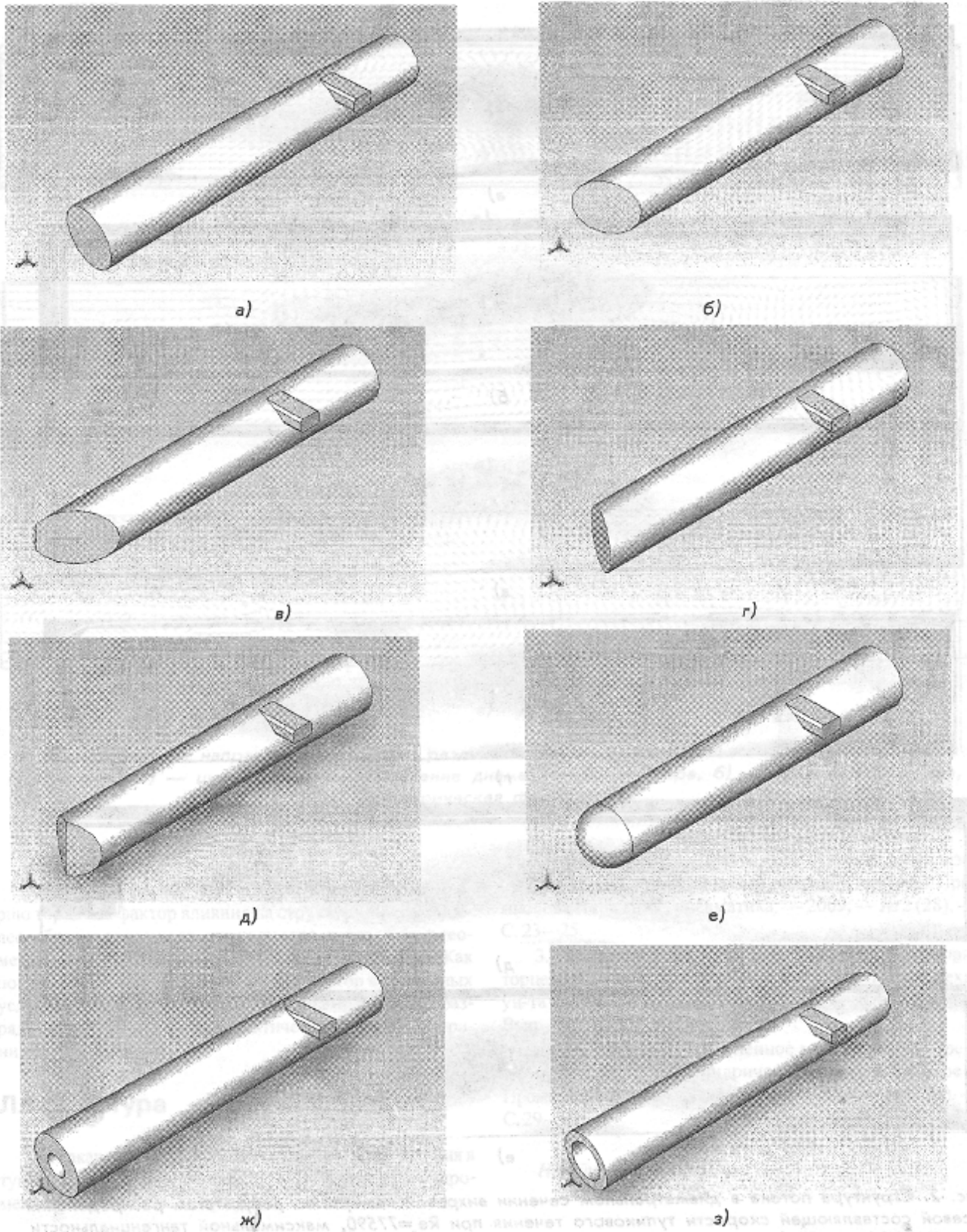


Рис. 1. Геометрическая конфигурация исследуемой рабочей камеры: а) — плоский торец, б) — плоский торец под углом к оси 30° , в) — плоский торец под углом к оси 45° , г) — плоский торец под углом к оси 150° , д) — клинообразное дно, е) — сферическая форма торца, ж) — цилиндрическое углубление диаметром 0,4 калибра, з) — цилиндрическое углубление диаметром 0,7 калибра.

УДК 533.6.092 | (сопло)

торець →

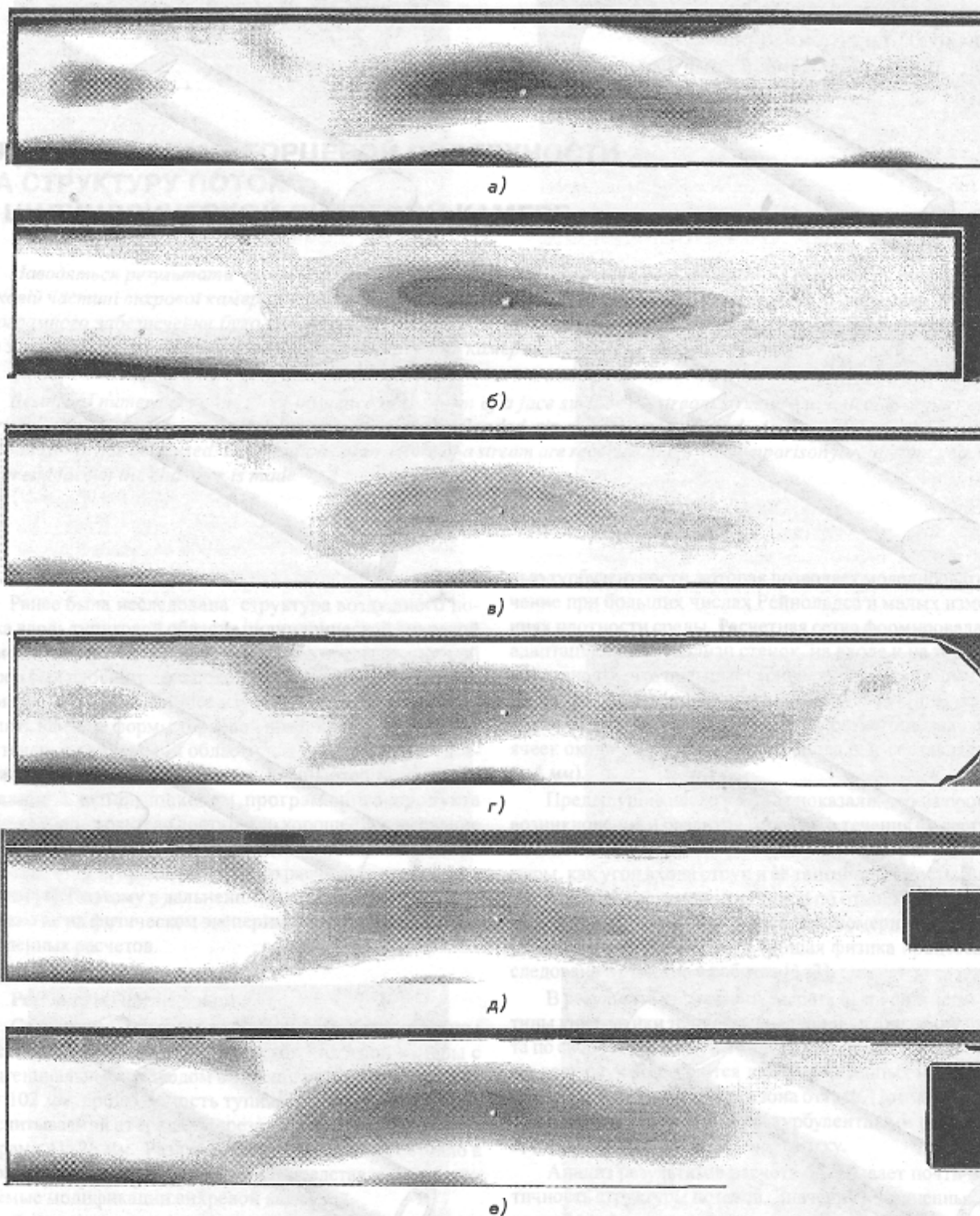


Рис. 2. Структура потоку в діаметральному сеченні вихревої камери по результатам розподілу осевої складової швидкості тупикового течення при $Re = 77590$, максимальній тангенціальності сопла і $L/d = 4,4$: а) — плоский торець під кутом к осі 30° , б) — плоский торець під кутом к осі 150° , в) — клинообразне дно, г) — сферическа форма торця, д) — циліндрическе углубленіє діаметром $0,4$ калібра, е) — циліндрическе углубленіє діаметром $0,7$ калібра.

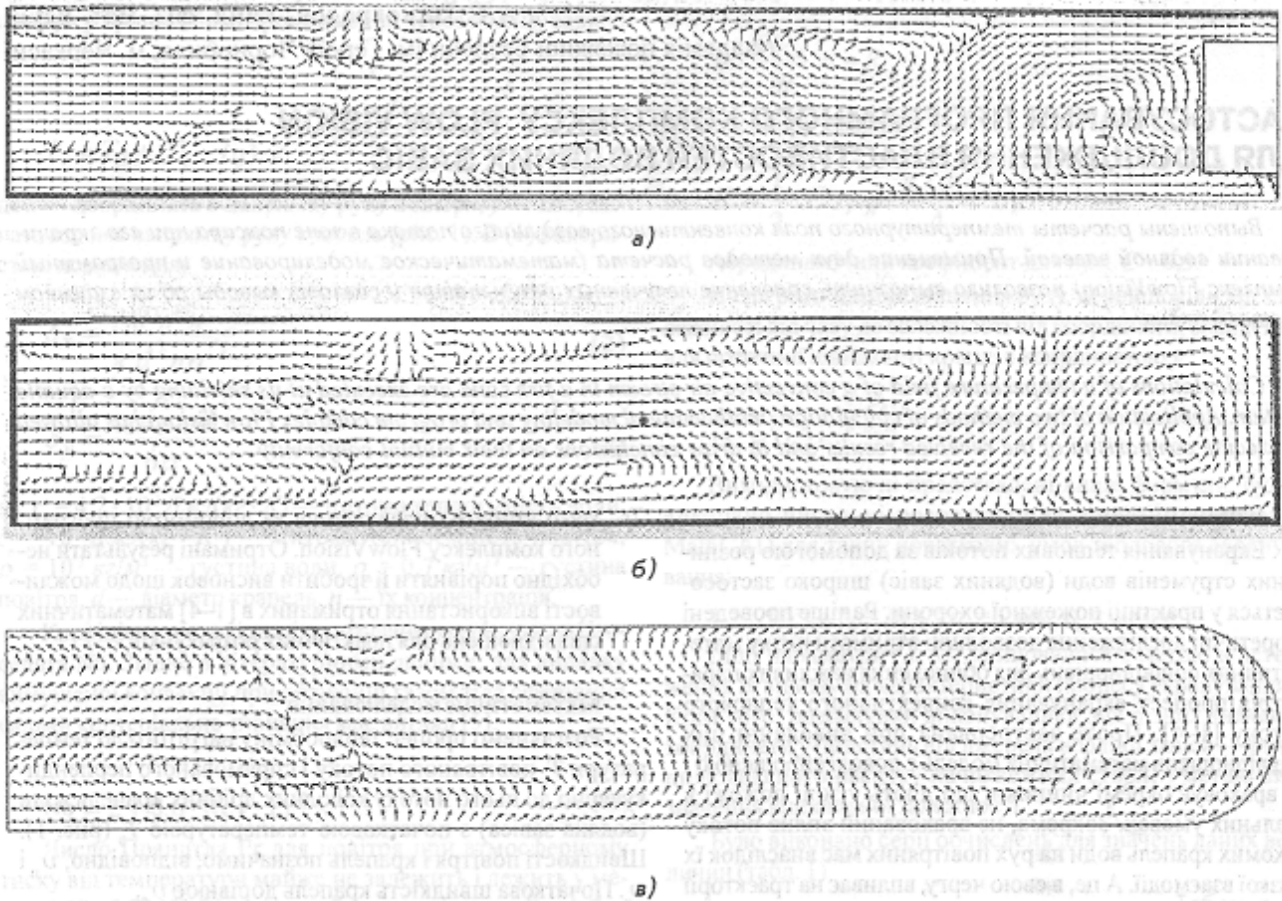


Рис. 3. Вектора направления потока на различных участках диаметального сечения камеры (выборочно): а) — цилиндрическое углубление диаметром 0,7 калибра, б) — клиновидное дно, в) — сферическая форма торца.

Выводы

Численный расчет показал, что принимать геометрию торца как фактор влияния на структуру потока нецелесообразно ввиду того, что несмотря на различие в геометрии степень влияния каждой из них незначительна. Как показывает опыт исследования, этот фактор в описанных условиях работы вихревой камеры можно отнести к разряду второстепенного и для практических расчетов не принимать во внимание.

Литература

1. Макаренко, Р.А., Турик, В.Н. Кинематика течения в тупиковой части вихревой камеры // Прикладная гидро-механика. — 2001. — Т. 3 (75), №1. — С. 46—51.

2. Макаренко, Р.А., Турик, В.Н. Способы визуализации течения в цилиндрической вихревой камере // Промислова гідроліка і пневматика. — 2009. — № 2 (28). — С. 23—25.
 3. Макаренко, Р.А., Турик, В.Н. О макроструктуре приторцевого течения в вихревой камере // Вестник нац. техн. ун-та Укр. «КПИ». Машиностроение. — К. — 1999. — Вып. 35. — С. 127—131.
 4. Макаренко, Р.А. Численное моделирование трехмерного течения в цилиндрической вихревой камере // Промислова гідроліка і пневматика. — 2009. — № 1 (27). — С. 29—31.

Надійшла 06.12.2010 р.