

УДК 539.3

Іванченко Г.М., канд. техн. наук
Голуб О.О.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СМЕРЧУ ТА ТИСКУ НА ГОРИЗОНТАЛЬНУ ПОВЕРХНЮ

Для вивчення кінематичних і динамічних характеристик смерчу, вченими було запропоновано кілька моделей. Але не всі моделі відповідають дійсності та відображають цілісну картину. І.І. Смульським була запропонована стокова модель смерчу у вихровій камері [1]. Ця модель є найбільш близькою для відображення дії смерчу, оскільки стік рідини, яка обертається ідентичний руху середовища у вихровій камері. Отже, тиск смерчу можна приблизно описати таким чином [2]:

$$P = 2\rho v^2 \left(0,5 - \frac{1}{1 + (r^2/R_v)^2} \right) + C, \quad (1)$$

де v - це тангенціальна швидкість, r - радіус ядра смерчу, R - радіус периферійної частини смерчу, ρ - щільність стінки смерчу. Для того щоб оцінити залежність тиску від швидкості, потрібно задавати деякі параметри r та R . Ці параметри повинні бути взяті з деякої області, щоб вони відповідали умовам (2), (3), (4).

Спочатку розглянемо такі випадки, коли P не буде приймати від'ємних та нульових значень, для цього повинні виконуватися такі умови:

$$\frac{1}{1 + \left(\frac{r^2}{R} \right)^2} < 0,5 \rightarrow 1 + \left(\frac{r^2}{R} \right)^2 > 2 \rightarrow \left(\frac{r^2}{R} \right)^2 > 1,$$

отже

$$\begin{cases} r \neq 1, & R \neq 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} r^2 \neq R, & r \neq \sqrt{R}. \end{cases} \quad (3)$$

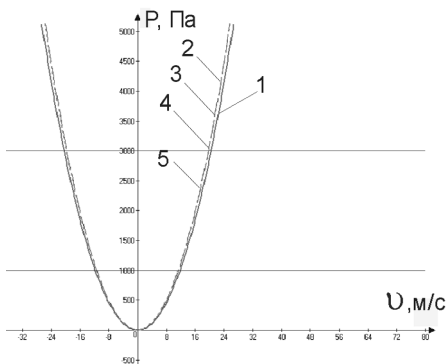
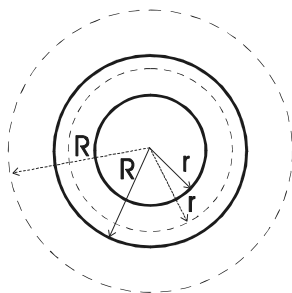
$$\begin{cases} r^2 > R, & r > \sqrt{R} \end{cases} \quad (4)$$

Очевидно для побудови залежності тиску від швидкості потрібно вибирати такі значення r , R що відповідають умовам (2), (3), (4).

Нехай для прикладу візьмемо значення r і R такі, що $R=2r$ (рис. 1) і побудуємо графіки залежності тиску від швидкості для наступних значень (табл. 1).

Таблиця 1

№графіка	1	2	3	4	5	6	7
R , м	20	50	100	300	500	800	1000
r	10	25	50	150	250	400	500

Рис. 1. Графік залежності P від v , при $R=2r$.

З графіка видно, що при незначному збільшенні швидкості, значно зростає тиск. В цьому випадку відбувається звуження кривої до осі P .

Наприклад, для $P=1000$ Па (табл. 2)

Таблиця 2

№графіка	1	2	3	4	5	6	7
v , м/с	11,8	11,4	11,34	11,32	11,323	11,323	11,322

Для $P=3000$ Па (табл.3)

Таблиця 3

№графіка	1	2	3	4	5	6	7
v , м/с	20,412	19,738	19,643	19,615	19,613	19,612	19,611

Далі, для з'ясування можливого характеру зміни кривої залежно від параметрів r та R зафіксуємо значення r , а значення R обиратимемо таким чином, щоб виконувались умови (2), (3), (4) (рис. 2):

№ графіка	1	2	3	4	5
R , м	50	100	300	500	800
r	30	30	30	30	30

В цьому випадку буде мати місце розширення кривої від осі P (рис. 2).

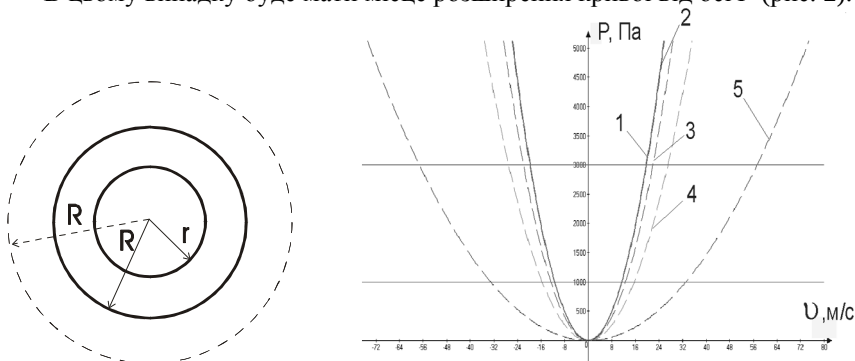


Рис. 2. Графік залежності P від v , при $r = \text{const}$, R зростає

Для $P = 1000$ Па (табл. 4)

Таблиця 4

№ графіка	1	2	3	4	5
v , м/с	11,358	11,463	12,659	15,578	33,067

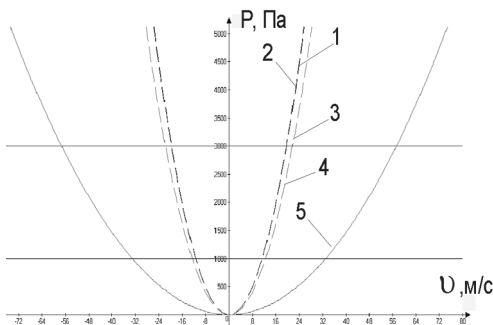
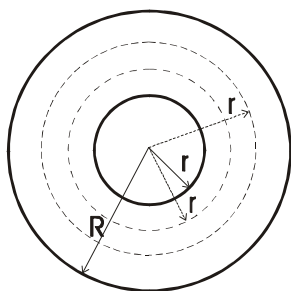
Для $P = 3000$ Па (табл. 5)

Таблиця 5

№ графіка	1	2	3	4	5
v , м/с	19,672	19,855	21,926	26,981	57,276

Зафіксуємо значення R , а r вибиратимемо таким чином, щоб виконувались умови (2), (3), (4) (рис. 3):

№ графіка	1	2	3	4	5
R , м	800	800	800	800	800
r	30	50	100	250	500

Рис. 3. Графік залежності P від v , при $R=\text{const}$, $r \rightarrow 0$

В даному разі буде мати місце звуження кривої до осі P , але з більшою інтенсивністю, ніж було на рис. 1.

Для $P=1000$ Па (табл. 6)

Таблиця 6

№ графіка	1	2	3	4	5
v , м/с	33,068	12,548	11,395	11,324	11,322

Для $P=3000$ Па (табл. 7)

Таблиця 7

№ графіка	1	2	3	4	5
v , м/с	57,276	27,734	19,738	19,614	19,611

Тиск на горизонтальну поверхню буде дорівнювати нулю при:

$$\left(\frac{r^2}{R}\right)^2 \rightarrow 1, \quad P=0. \quad (5)$$

А при $r \rightarrow \infty$, тиск буде максимальним,

$$p = \rho v^2 \quad (6)$$

Отже, взаємозв'язок швидкості та тиску, залежать від таких параметрів, як радіус центральної та периферійної областей. Зокрема, видно з графіків, що при однаковому збільшенні обох радіусів, тиск зростає з невеликою різницею. З другого графіка (коли внутрішній радіус

фіксуємо, а зовнішній збільшуємо) ми спостерігаємо зменшення тиску при одній і тій же швидкості. З третього графіка (фіксуємо зовнішній радіус, а внутрішній зменшуємо) повторюється ситуація але тиск зменшується з більшою динамічністю.

Враховуючи, що зовнішній діаметр обмежений, то очевидно можна врахувати чи хоча б оцінити необмежені рамки зміни величини ν , яка залежить від параметрів r , R при яких буде досягатися певне значення тиску на горизонтальну поверхню.

1. *Смольский И.Н.* Аэродинамика и процессы в вихревых камерах. — Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1992. 300 с.
2. *Гупта А., Лилли Д., Сайред Н.* Закрученные потоки. — М: Мир, 1987.
3. *Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В.* Теоретическая гидромеханика. — М.: ГИФМЛ, 1963. 583с.

Надійшло до редакції 14.11.2006 р.