

Результаты исследования приведены в таблице. При нагреве кол-лектора до 500 °С концентрация бенз[а]пирена увеличивалась в 4 раза, нитрозосоединений НДМА и НДЭА в 1,8—2,0 раза.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы.

1. В воздухе, проходящем через подкапотное пространство автомобиля, содержатся токсичные вещества канцерогенной группы и их предшественники.

2. Сильно нагретые элементы двигателя при определенных условиях оказывают катализирующее действие на образование этих веществ.

3. Необходимо предъявлять более жесткие требования к изоляции салона кабины автомобиля, особенно при компоновке «кабина над двигателем».

4. При интенсивном движении автотранспорта на магистралях городов, где естественный обмен воздуха ограничен, увеличение концентраций токсичных веществ усиливает влияние рассматриваемого фактора.

5. Для обогрева салона автомобиля не рекомендуется применять отопительные приборы, работающие на углеводородном топливе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Нитрозамины в атмосферном воздухе городов с различным народнохозяйственным профилем / Н. Я. Янышева, О. Н. Литвиченко, И. А. Черниченко, М. Картез // Тез. докл. VII Всесоюз. симпозиума 24—25 апреля 1990 г. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде.— Таллинн, 1990.— С. 28—29. [2]. Хесина А. Я., Кривошея Л. В. Исследование модифицированных методик анализа канцерогенных N-нитрозосоединений для изучения в воздушной среде и выявления источников их образования // Там же.— С. 31—32.

УДК 536.24

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ЦИКЛОННОЙ КАМЕРЫ БОЛЬШОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДЛИНЫ

Э. Н. САБУРОВ, А. Н. ОРЕХОВ

Архангельский лесотехнический институт

Циклонные камеры получили широкое распространение в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Их используют в качестве сепараторов, сушилок, топок и печей для сжигания экологически вредных отходов производства, высокотемпературных теплообменников-нагревателей и др.

Назначение циклонного аппарата определяет требования к его геометрическим и режимным параметрам. Например, относительная длина циклонной сушилки L_k ($\bar{L}_k = L_k/D_k$, где L_k , D_k ($D_k = 2R_k$), R_k —длина, диаметр и радиус рабочего объема круглой, цилиндрической циклонной камеры) главным образом определяется условиями и требованиями режима сушки и конечной влажностью материала, циклонной топки или печи — условием полного сгорания отходов, циклонного сепаратора — эффективностью очистки газового потока и т. д. Однако при этом необходимо учитывать и изменения в аэродинамике циклонных камер.

Ряд экспериментальных исследований, посвященных изучению влияния \bar{L}_k на аэродинамику циклонных камер, выполнен в разные годы на кафедре теплотехники АЛТИ [1—5]. Установлено, что \bar{L}_k оказывает определенное влияние не только на общие аэродинамические ха-

рактеристики камеры, но и на структуру циклонного потока. Для циклонных камер с двухсторонним тангенциальным вводом газов в рабочий объем при $\bar{L}_k < 2$ распределения тангенциальной составляющей скорости ω_φ в пределах ядра потока и статического давления p_c в рабочем объеме практически не меняются по его длине. При $\bar{L}_k > 2$ распределения начинают зависеть от продольной координаты. Длина камеры оказывает особенно существенное влияние на вращательное движение потока в пристенной части рабочего объема. С увеличением \bar{L}_k возрастает радиальная протяженность этой области и более существенными становятся изменения в распределении ω_φ по длине рабочего объема. Снижение общего уровня тангенциальных скоростей с увеличением \bar{L}_k зависит главным образом от уменьшения линейной вращательной скорости именно в этой области потока. Аэродинамическое качество камеры, определяемое по величине коэффициента

$$\xi_{\varphi m} = 2\Delta p_n / (\rho_{\varphi m} \omega_{\varphi m}^2),$$

с увеличением \bar{L}_k снижается наиболее резко при больших значениях диаметра выходного отверстия $d_{\text{вых}}$.

Здесь Δp_n — перепад полного давления в камере;
 $\rho_{\varphi m}$ — плотность потока на радиусе $r_{\varphi m}$ при $\omega_\varphi = \omega_{\varphi m}$;
 $\omega_{\varphi m}$ — максимальная тангенциальная скорость в рабочем объеме.

Установлен еще ряд интересных особенностей влияния \bar{L}_k на аэродинамические параметры, а также предложены расчетные соотношения, учитывающие зависимость от этого параметра основных аэродинамических характеристик циклонного потока [2, 3].

Как показали уже первые исследования аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины [5—7], она имеет ряд важных особенностей, которые недостаточно изучены. Именно это обстоятельство и определило содержание, основные цели и задачи настоящей работы.

Исследование выполнено на экспериментальном стенде, основным элементом которого являлась модель циклонной камеры, позволявшая варьировать в широком диапазоне ее относительную длину (рис. 1).

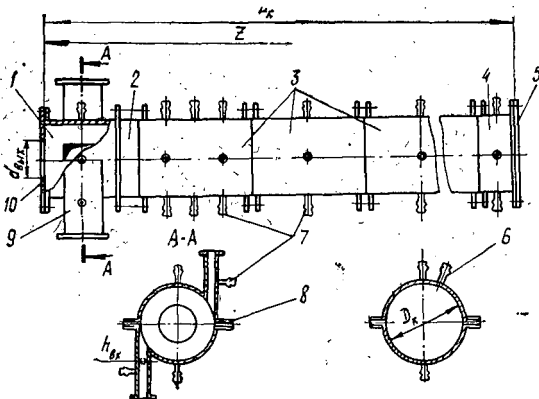


Рис. 1. Схема экспериментальной циклонной камеры большой относительной длины: 1 — закручиватель; 2, 3, 4 — переходная, рабочая, конечная секции; 5 — глухой торец; 6, 7, 8 — штуцеры устройства замера напряжения трения, отбора статического давления, крепления зонда; 9 — входные шлицы; 10 — выходной торец (перезжим)

Диаметр рабочего объема модели составлял 160 мм, относительная длина могла изменяться от 1,0 до 21,5 (1,00; 1,25; 3,25; 6,25; 12,25; 18,25; 21,50) за счет сменных секций. Подвод воздуха в камеру осу-

шестью с диаметально противоположных сторон двумя шлицами, имеющими размеры поперечного сечения 24×84 мм². Оси шлицев находились в одной поперечной плоскости на относительном расстоянии от торцов закручивателя, равном $0,5 D_k$. Относительную площадь входа потока $\bar{f}_{вх} = 4 f_{вх} / \pi D_k^2$ могли изменять от 0,01 до 0,12 путем установки в шлицах специально профилированных вкладышей. Вывод воздуха производили через плоский пережим, соосный с рабочим объемом. Относительный диаметр выходного отверстия $\bar{d}_{вых} = d_{вых} / D_k$ в основных опытах был равен 0,43, но часть опытов выполнена и при 0,62 и 0,79. Вывод воздуха производили через торец вблизи входных шлицев (односторонний ввод и вывод газов) или с торца, расположенного с противоположной стороны (разносторонний ввод и вывод газов).

Измерение полей скоростей и давлений в рабочем объеме циклонной камеры производили трехканальным цилиндрическим зондом с диаметром насадка 2,6 мм по общепринятой методике с помощью координатников системы ЛПИ. Сечения замеров имели следующие координаты $z = z / D_k$ (z — расстояние от торца камеры, ближайшего к сечению ввода газов): 0,5; 2,0; 3,5; 5,0; 6,0; 12,0; 12,5; 18,0. Поля скоростей и давлений снимали с диаметально противоположных сторон. Кроме того, в работе производили измерения необходимых расходных характеристик и статических давлений в шлицах $p_{с. вх}$ и на различных частях боковой поверхности камеры $p_{с. ст}$, последние — через отверстия диаметром 0,5 мм. Дренажные отверстия по длине рабочего объема располагали с шагом (0,5... 1,0) D_k ; по периметру — с двух диаметально противоположных сторон.

Полученные в опытах распределения тангенциальной ω_φ и аксиальной ω_z скоростей, а также статического давления по радиусу камеры r , часть из которых представлена на рис. 2 и 3 в безразмерном виде ($\bar{\omega}_\varphi = \omega_\varphi / v_{вх}$; $\bar{\omega}_z = \omega_z / v_{вх}$; $\bar{p}_c = 2 p_c / \rho_{вх} v_{вх}^2$, где $\rho_{вх}$ и $v_{вх}$ — плотность и скорость потока во входных шлицах; $\bar{r} = r / R_k$ — безразмерный текущий радиус), подтвердили результаты ранее выполненных работ [1—7] относительно влияния \bar{L}_k на аэродинамику циклонных камер.

В частности подтверждена возможность существования застойной зоны в циклоне при большой его длине, ранее отмеченная в работах [5, 7]. Однако нами не был обнаружен режим течения с сильными периодическими колебаниями, при котором наблюдалось нарушение осесимметричности вихря и замыкание его на боковую поверхность камеры [7]. Эти данные позволили установить и ряд новых особенностей аэродинамики циклонных камер большой относительной длины.

Анализ полученных распределений $\bar{\omega}_\varphi$, $\bar{\omega}_z$, \bar{p}_c , а также представленных на рис. 2 распределений безразмерной циркуляции скорости

$$\bar{\Gamma} = \omega_\varphi r / v_{вх} R_{вх}$$

и угловой скорости

$$\bar{\omega} = (\omega_\varphi / r) / (v_{вх} / R_{вх})$$

показал, что основной зоной течения в камере является периферийная. Изнутри она ограничена сравнительно небольшим по размерам осесимметричным ядром с радиусом $\bar{r}_я$, а с торцевых поверхностей — в общем случае приторцевыми зонами (в некоторых случаях, как будет показано в дальнейшем, со стороны глухого торца она может быть ограничена застойной зоной). Такое разделение потока в рабочем объеме на зоны весьма условно, так как они не автономны и обмениваются между со-

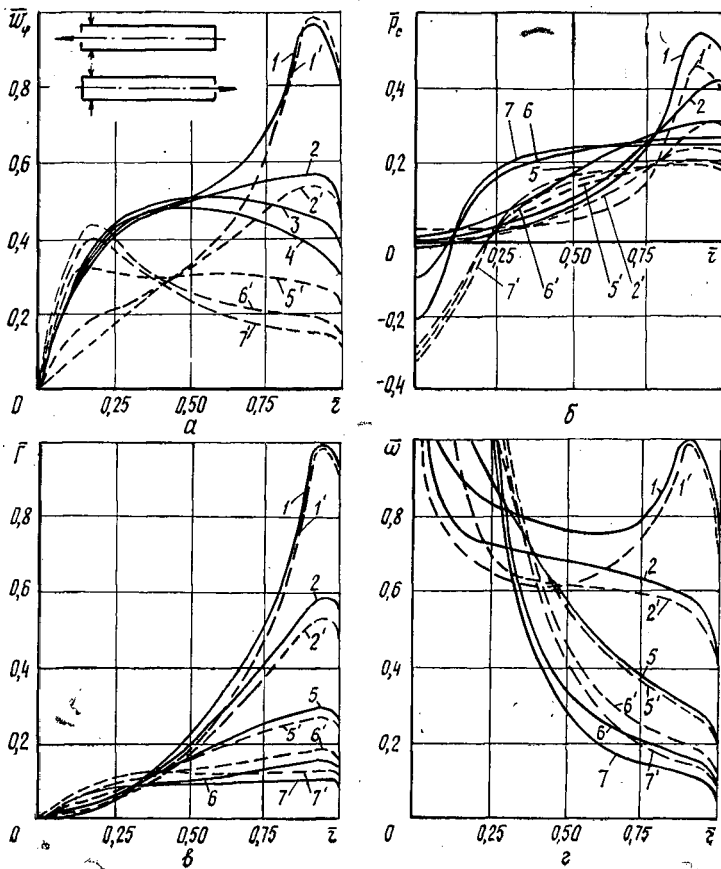


Рис. 2. Распределение $\bar{w}_\varphi(a)$, $\bar{p}_c(b)$, $\bar{v}(в)$, $\bar{w}(г)$ в рабочем объеме циклонной камеры большой относительной длины при различных значениях z : 1, 1'—0,5; 2, 2'—2,0; 3—3,5; 4—5,0; 5, 5'—6,5; 6, 6'—12,5; 7, 7'—18,0; 1—7—данные для камеры с односторонним и 1', 2', 5', 7'—разносторонним вводом и выводом газов

бой как за счет осевых и радиальных потоков, так и за счет турбулентности.

Внешняя граница ядра и тангенциальная скорость на ней не зависят от продольной координаты. В ядре потока в длинных камерах (в отличие от коротких) осесимметричные распределения \bar{w}_φ и \bar{p}_c меняются вдоль z .

На основном участке периферийной зоны течение также осесимметрично, а характеристики струйного периферийного потока, распространяющегося по винтообразной траектории, непрерывно изменяются по мере его продвижения вниз по течению. Изменяется и угол φ между векторами полной скорости и тангенциальной компоненты. Движение потока происходит как бы вдоль поверхности с переменной кривизной, как видно из рисунков, под влиянием продольного и поперечного градиентов давления.

Одной из особенностей полученных распределений \bar{w}_φ является существование в длинных камерах сечений, в основной части которых тангенциальная компонента скорости имеет постоянное значение, т. е. не зависит от радиуса. (Здесь конечно не рассматриваются значения r в пределах пристенного пограничного слоя на боковой поверхности

камеры и малые r в приосевой зоне, где в первом случае w_φ стремится к нулю с возрастанием r , а во втором — с его уменьшением). Чем длиннее камера, тем меньше значения r , на которые распространялось распределение $w_\varphi(r) = \text{const}$. Величина постоянной примерно равна безразмерной тангенциальной скорости на границе ядра потока. Рассмотренные особенности течения наблюдались в камерах при $\bar{L}_k > 2 \dots 3$. Координата сечения с $w_\varphi = \text{const}$ для этих камер может быть определена по формуле

$$\bar{z}_w = 0,087\bar{L}_k^{1,48} + 0,6. \quad (1)$$

Ряд интегральных характеристик циклонных камер и аэродинамических параметров потока в их среднем сечении при различных значениях \bar{L}_k приведены в табл. 1.

Таблица 1

Аэродинамические характеристики циклонной камеры с разносторонним (числитель) и односторонним (знаменатель) входом и выходом газов

\bar{L}_k	$\bar{w}_{\varphi m}$	$\xi_{\text{вх}}$	$\bar{p}_{\text{с. ст}}$	$\frac{\bar{p}_{\text{с. ст}}}{\bar{p}_{\text{с. вх}}}$	$\bar{w}_{\varphi \text{я}}$	$\bar{r}_{\text{я}}$	$\xi_{\varphi m}$	$\varphi_{\text{ст}}$
1,00	1,19	4,15	2,66	0,84	0,87	0,76	2,93	5
1,25	1,09	3,71	2,35	0,83	0,81	0,75	3,40	13
	1,14	3,83	2,25	0,83	0,85	0,73	2,95	12
6,25	0,63	2,04	0,73	0,69	0,49	0,58	4,98	21
	0,64	2,11	0,78	0,70	0,57	0,46	5,32	19
12,25	0,43	1,68	0,33	0,51	0,35	0,48	9,09	23
	0,44	1,77	0,39	0,52	0,40	0,31	9,14	20
18,25	0,32	1,56	0,18	0,33	0,29	0,41	15,23	26
	0,53*	1,92*	0,77*	0,72*	0,48*	0,44*	6,84*	18*

* Характеристики, относящиеся к активной части рабочего объема в камере с застойной зоной.

В таблице приняты следующие обозначения: $\bar{w}_{\varphi m} = w_{\varphi m}/v_{\text{вх}}$ — безразмерная максимальная тангенциальная составляющая скорости; $\xi_{\text{вх}} = 2\Delta p_{\text{п}}/\rho_{\text{вх}}v_{\text{вх}}^2$ — коэффициент сопротивления камеры; $\bar{p}_{\text{с. ст}}$ и $\bar{p}_{\text{с. ст}} = 2p_{\text{с. ст}}/\rho_{\text{вх}}v_{\text{вх}}^2$ — размерное и безразмерное избыточные статические давления на боковой поверхности рабочего объема камеры; $p_{\text{с. ст}}/p_{\text{с. вх}}$ — соотношение, характеризующее снижение запаса потенциальной энергии на входе в камеру; $p_{\text{с. вх}}$ — избыточное статическое давление в шлицах; $\bar{r}_{\text{я}} = r_{\text{я}}/R_k$ — безразмерный радиус ядра потока; $\bar{w}_{\varphi \text{я}} = w_{\varphi \text{я}}/v_{\text{вх}}$ — безразмерная тангенциальная скорость на границе ядра потока; $\bar{r}_{\varphi m} = r_{\varphi m}/R_k$ — безразмерный радиус, характеризующий положение $w_{\varphi m}$; $\varphi_{\text{ст}}$ — угол между вектором полной скорости и ее тангенциальной компонентой у боковой поверхности камеры.

Представленные в табл. 1 данные позволяют оценить влияние параметра \bar{L}_k в широком диапазоне его изменения, охватывающем как относительно короткие, так и длинные камеры. Если в качестве масштаба принять характеристики камеры определенных геометрических и режимных параметров единичной относительной длины, то влияние \bar{L}_k на полученные после масштабных преобразований соответствующие

безразмерные величины для камер с разносторонним вводом и выводом газов можно описать следующим обобщенным уравнением:

$$\bar{Y} = A\bar{L}_k^n + C, \quad (2)$$

где $\bar{Y} = Y/Y_{\bar{L}_k=1}$ — безразмерная характеристика потока или камеры;

A, n, C — постоянные.

Значения A, n, C для различных характеристик и средние квадратические погрешности приведены в табл. 2.

Таблица 2

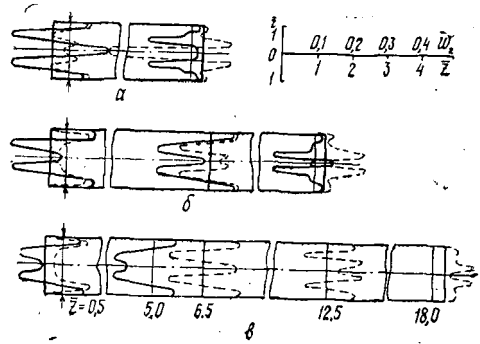
Характеристики и постоянные, входящие в формулу (2), для камеры с разносторонним (числитель) и односторонним (знаменатель) вводом и выводом газов

\bar{Y}	A	n	C	Средняя квадратическая погрешность
$w_{\varphi m}/(w_{\varphi m})_{\bar{L}_k=1}$	2,953	—0,095	—1,965	0,020
	1,911	—0,162	—0,897	0,014
$r_{\varphi m}/(r_{\varphi m})_{\bar{L}_k=1}$	3,286	—0,066	—2,270	0,047
	2,522	—0,102	—1,527	0,014
$w_{\varphi я}/(w_{\varphi я})_{\bar{L}_k=1}$	2,317	—0,116	—1,320	0,011
	2,970	—0,079	—1,952	0,035
$r_{я}/(r_{я})_{\bar{L}_k=1}$	2,485	—0,069	—1,466	0,038
	3,466	—0,073	—2,454	0,029
$\xi_{вх}/(\xi_{вх})_{\bar{L}_k=1}$	0,735	—0,643	0,262	0,005
	0,798	—0,518	0,207	0,058

Варьирование длины приводит к изменению рабочего объема и боковой поверхности камеры (не рассматривается частный случай, когда увеличение \bar{L}_k приводит к появлению застойной зоны), смещению сечения ввода газа относительно среднего сечения камеры или относительно глухого или выходного торцов. При этом изменяются затраты энергии на закрутку потока, внешнее и внутреннее трение, происходит перестройка полей осевых и тангенциальных скоростей. Все это одновременно приводит к изменению роли торцевых поверхностей в общей организации движения газов в объеме, условий истечения газов из выходного отверстия, а следовательно, и общего сопротивления устройства, так как в длинных камерах выходная составляющая общего сопротивления (как и в относительно коротких) весьма существенна и является наибольшей. Поэтому следует рассматривать влияние \bar{L}_k и особенности аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины для двух случаев, когда ввод газа и его вывод осуществляются с одной стороны рабочего объема (для удобства в дальнейшем определяемого как односторонний ввод и вывод газов) и когда ввод газов производится вблизи одной торцевой поверхности рабочего объема, а вывод — с другой (разносторонний ввод и вывод газов).

На рис. 3 показаны распределения аксиальной скорости потока в камере при одностороннем и разностороннем вводе и выводе газов ($\bar{d}_{\text{вых}} = 0,43, \bar{f}_{\text{вх}} = 0,04$). Следует отметить, что в циклонной камере с разносторонним вводом и выводом газов наблюдаются периферийный прямой, кольцевой обратный, выходной и осевой обратный вихри.

Рис. 3. Распределение \bar{w}_z в рабочем объеме камер различной относительной длины: а — $\bar{L}_k = 6,25$; б — 12,25; в — 18,25 (для одностороннего ввода и вывода газа — сплошная линия; для разностороннего — штриховая)



Мощность периферийного вихря увеличивается с ростом относительной длины камеры, причем это происходит за счет некоторого повышения уровня \bar{w}_z и увеличения его радиальных размеров. Мощность осевого обратного тока с возрастанием \bar{L}_k наоборот резко падает: уже при $\bar{L}_k = 12,25$ (рис. 3, б) он наблюдается лишь в области выходного отверстия. Однако его влияние на распределение \bar{w}_z имеется даже в наиболее длинной из рассматриваемых камер. С увеличением \bar{L}_k и постепенной ликвидацией осевого обратного тока выходной вихрь занимает все большую часть приосевой зоны рабочего объема. При всех \bar{L}_k наблюдается кольцевой обратный вихрь, однако с ростом \bar{L}_k сечение его формирования смещается вверх по потоку.

При одностороннем вводе и выводе газов имеет место периферийный обратный вихрь, по размерам и мощности близкий к периферийному прямому при разностороннем вводе и выводе газов, выходной и осевой обратный вихри. Последний с ростом \bar{L}_k также вырождается и при $\bar{L}_k = 6,5$ (рис. 3, а) существует лишь в области выходного отверстия. В целом распределение \bar{w}_z носит более упорядоченный характер, чем в предыдущем случае. Существенной отличительной особенностью распределений \bar{w}_φ и \bar{w}_z в этом варианте ввода и вывода газов является существование при больших \bar{L}_k практически непроточных (застойных) зон в рабочем объеме со стороны глухого торца, о которых говорилось выше.

При $\bar{L}_k = 18,5$ (рис. 3, в) застойная зона занимает практически 2/3 рабочего объема камеры. В рассмотренном нами диапазоне $\bar{d}_{\text{вых}}$ и $f_{\text{вх}}$ застойная зона образовывалась в камерах с $\bar{L}_k > 15$. Следует заметить, что при существовании застойной зоны, уровень тангенциальных скоростей в остальной (активной) части рабочего объема немного ниже значений \bar{w}_φ в камере с разносторонним вводом и выводом газов и относительной длиной, равной относительной длине активной части рабочего объема.

Застойный режим отличается устойчивостью, размеры застойной зоны сохраняются при варьировании расхода газа через камеру и параметров $\bar{d}_{\text{вых}}$ и $f_{\text{вх}}$. Однако она может быть ликвидирована, если организовать частичный кратковременный выпуск газа из камеры у ее глухого торца. После этого весь рабочий объем камеры оказывается проточным. Длительность такого искусственного режима активной работы всего рабочего объема камеры определяется ее относительными геометрическими параметрами (в первую очередь \bar{L}_k) и числом Рейнольдса $Re_{\text{вх}} = v_{\text{вх}} D_k / \nu_{\text{вх}}$ ($\nu_{\text{вх}}$ — кинематическая вязкость потока в шлицах). При искусственной ликвидации застойной зоны распределе-

ние тангенциальных и аксиальных скоростей становится типичным для циклонных камер с противоположным вводом и выводом газов.

На рис. 4 приведено распределение основных аэродинамических характеристик потока по длине камеры с $\bar{L}_k = 18,5$, $\bar{r}_{вх} = 0,04$, $\bar{d}_{вых} = 0,43$.

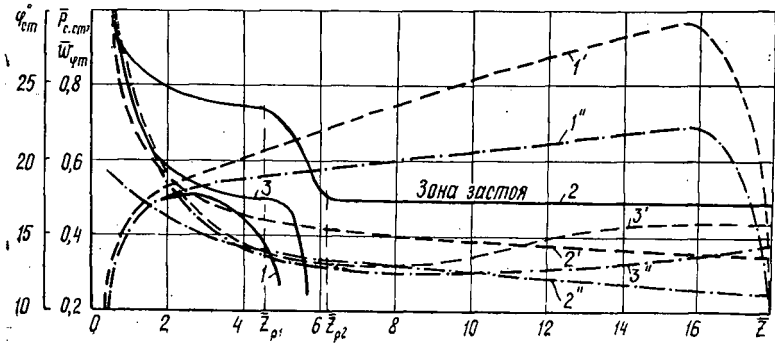


Рис. 4. Изменение основных аэродинамических характеристик потока вдоль рабочего объема камеры большой относительной длины: 1, 1', 1'' — $\varphi_{ст}$; 2, 2', 2'' — $p_{с.ст}$; 3, 3', 3'' — $w_{\varphi т}$; 1, 2, 3 — для камеры с односторонним и 1', 2', 3' — разносторонним вводом и выводом газа; 1'', 2'', 3'' — при искусственном поддержании проточности всего рабочего объема

В камере с разносторонним вводом и выводом газов безразмерное избыточное статическое давление на ее боковой поверхности уменьшается по направлению к выходному отверстию (с ростом \bar{z}). Изменение относительного максимального значения тангенциальной скорости при $\bar{z} < 6,5$ также носит ниспадающий характер. При $\bar{z} \leq 6,5$ значения $w_{\varphi т}$ относятся к максимуму w_{φ} в пристенной зоне течения, при $\bar{z} \geq 6,5$ — к ядру потока. В ядре по мере продвижения газов к выходному отверстию $w_{\varphi т}$ увеличивается. При этом радиус $\bar{r}_{\varphi т}$, характеризующий положение $w_{\varphi т}$, несколько возрастает, аналогично изменению $w_{\varphi т}$, $p_{с.ст}$ и для камеры в режиме искусственного поддержания проточности рабочего объема. Однако в данном случае в основной его части значения $p_{с.ст}$ и $w_{\varphi т}$ оказываются ниже, чем в предыдущем.

Качественно одинаково изменяется и угол $\varphi_{ст}$. В околоторцевых зонах (осевая протяженность которых возрастает с увеличением \bar{L}_k) угол $\varphi_{ст}$ резко меняется в зависимости от \bar{z} . Координата окончания зоны резкого увеличения $\varphi_{ст}$ у торца, ближайшего к сечению ввода газа, $\bar{z}_{вх\varphi} = 1,5 \dots 2,0$. Координата зоны резкого падения $\varphi_{ст}$ у выходного торца $\bar{z}_{вых\varphi} = \bar{L}_k - (2 \dots 3)$. В остальной (основной) части рабочего объема зависимость $\varphi_{ст} = f(\bar{z})$ носит примерно линейный характер. Так, для камеры с разносторонним вводом и выводом газов

$$\varphi_{ст} = 18 + 0,72\bar{z}. \quad (3)$$

Более пологий характер зависимости наблюдается в камерах с односторонним вводом и выводом газов:

$$\varphi_{ст} = 18 + 0,28\bar{z}. \quad (4)$$

Влияние застойной зоны приводит к резкой раскрутке потока уже при значении \bar{z} , немного превышающем 2. В общем случае максималь-

ное значение $\varphi_{ст}$ может быть определено по уравнению (4), а координата максимума примерно равна половине длины активной зоны рабочего объема.

Резкое изменение характера зависимости $\bar{p}_{с. ст}$ по длине камеры с односторонним вводом и выводом газов, наблюдаемое в интервале значений $\bar{z}_{p1} \dots \bar{z}_{p2}$ (рис. 4), также связано с образованием застойной зоны. Координаты \bar{z}_{p1} и \bar{z}_{p2} могут быть определены по следующим эмпирическим уравнениям:

$$\bar{z}_{p1} = 1,686 (f_{вых}/f_{вх})^{0,556}; \quad (5)$$

$$\bar{z}_{p2} = 3,931 (f_{вых}/f_{вх})^{0,305}, \quad (6)$$

где $f_{вых}$ — площадь выходного отверстия в камере.

Значение параметра $f_{вых}/f_{вх}$ в опытах варьировали от 2,32 до 15,50.

Соотношение значений статического давления между этими сечениями может быть найдено по формуле

$$p_{с. ст 1}/p_{с. ст 2} = 1,654 - 0,693\bar{L}_к^{-0,771}. \quad (7)$$

Интенсивное снижение $\bar{w}_{\varphi m}$ вблизи застойной зоны наблюдалось примерно при тех же значениях \bar{z} , что и для $\bar{p}_{с. ст}$.

Влияние $\bar{L}_к$ на основные интегральные и средние (средние значения в активной части рабочего объема при существовании застойной зоны) аэродинамические характеристики циклонных камер с односторонним вводом и выводом газов характеризуется также уравнением (2).

Общие отмеченные выше особенности в аэродинамике циклонных камер большой относительной длины определяют и изменения их сопротивлений. Зависимости $\xi_{вх}$ и $\bar{w}_{\varphi m}$ от $Re_{вх}$ при различных значениях $\bar{d}_{вых}$ и системах организации движения в камере с параметрами $\bar{L}_к = 18,25, \bar{f}_{вх} = 0,04$ показаны на рис. 5. Поверхность рабочего объема

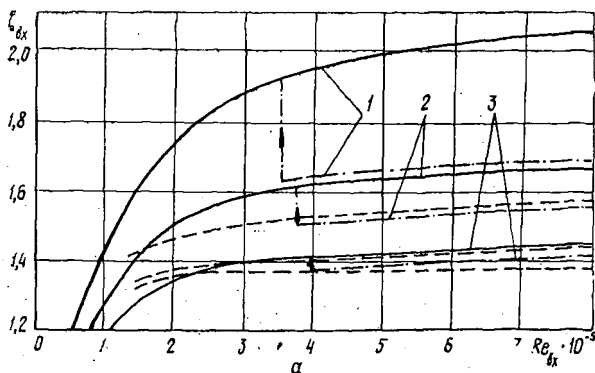
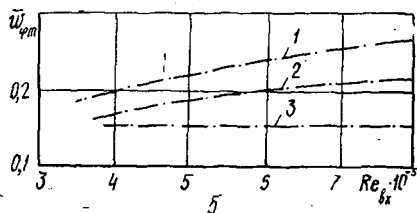


Рис. 5. Зависимость $\xi_{вх}$ (а) и $\bar{w}_{\varphi m}$ (б) циклонной камеры большой относительной длины от числа Рейнольдса при различных значениях $\bar{d}_{вых}$: 1 — 0,43; 2 — 0,62; 3 — 0,79 (сплошная линия — режим течения с застойной зоной при одностороннем вводе и выводе газа; штриховая — с разносторонним вводом и выводом газа; штрих-пунктирная — с односторонним вводом и выводом при искусственном поддержании проточности всего рабочего объема)



камеры в опытах была технически гладкостенная, поэтому течение лишь при больших $Re_{вх}$ приближенно можно считать автотомодельным.

Неавтотомодельность особенно ярко проявляется при низких значениях $Re_{вх}$ ($< 3 \cdot 10^5$). Явление застоя оказывает влияние и на величину сопротивления камеры, и на характер его изменения в зависимости от числа Рейнольдса (рис. 5, а). Однако $\xi_{вх}$ (или Δp_n) при существовании застойной зоны будет в большей степени, чем снижение потерь на трение потока о боковую и торцевую поверхности в зоне застоя, определяться уровнем вращательных скоростей в активной части рабочего объема и соответственно выходной составляющей $\xi_{вх}$. Числа $Re_{вх}$, соответствующие скачкообразному изменению $\xi_{вх}$, в связи с застойным явлением при $\bar{L}_k \geq 18$ могут быть определены по формуле

$$Re_{вх} = (0,6 + 75 \bar{f}_{вх})(0,9 + 0,23 \bar{d}_{вых}) \cdot 10^5. \quad (8)$$

Относительное изменение коэффициента сопротивления камеры

$$\frac{\xi_{вх1}}{\xi_{вх2}} = 1,464 \left(\frac{f_{вых}}{f_{вх}} \right)^{-0,131} (0,82 + 0,45 \bar{d}_{вых}). \quad (9)$$

Неавтотомодельность потока проявляется и в зависимости $\bar{\omega}_{\varphi m}$ в ядре потока от $Re_{вх}$ (рис. 5, б).

Выводы

1. В работе исследованы особенности аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины при одностороннем и разностороннем вводе и выводе газов.
2. Найденны расчетные соотношения для определения основных аэродинамических характеристик циклонной камеры большой относительной длины.
3. Полученные данные могут быть использованы для конструкторских и оптимизационных расчетов циклонных камер большой относительной длины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Карпов С. В., Сабуров Э. Н. Аэродинамика и теплоотдача в циклонных камерах и пылеотделителях (обзор и обобщения).— Архангельск: АЛТИ, 1988.— С. 313.— Деп. в ВИНТИ 28.01.88, № 850—В88. [2]. Сабуров Э. Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1982.— 240 с. [3]. Сабуров Э. Н., Карпов С. В., Осташев С. И. Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах / Под ред. Э. Н. Сабурова.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989.— 276 с. [4]. Сабуров Э. Н. О влиянии относительной длины циклонно-вихревых камер. // Тр. АЛТИ.— Архангельск, 1970.— Вып. 22.— С. 107—111. [5]. Сабуров Э. Н. О влиянии относительной длины циклонно-вихревых нагревательных камер на аэродинамику греющего потока // Кузнечно-штамповочное пр-во.— 1968.— № 3.— С. 35—38. [6]. Смит М. Анализ вихревого потока в циклонном сепараторе // Тр. Амер. о-ва инж.-мех. Сер. Д. Техн. механика.— 1962.— № 4.— С. 237—247. [7]. Смит М. Экспериментальное изучение вихря в циклонном сепараторе // Тр. Амер. о-ва инж.-мех. Сер. Д. Техн. механика.— 1962.— № 4.— С. 229—236.