

зали, что, сжигая топливо в пульсационном режиме, можно значительно увеличить коэффициент теплопередачи в тепловых установках. Кроме того, возникающая вибрация греющих поверхностей от пульсирующих газов способствует интенсификации теплообмена. В результате чего пластифицируемый материал по времени меньше находится под воздействием температур, следовательно, сохраняются его первоначальные физико-механические и структурные свойства.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Торнер, Р.В. Основные процессы переработки полимеров (теория и методы расчёта). – М.: Химия, 1972. – 452 с.
2. Вторичная переработка пластмасс / Ф.Ла Мантия (ред.); пер. с англ. под. ред. Г.Е.Заикова – СПб.: Профессия, 2006. – 400 стр., ил.
3. Кузовлев, В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи. – М.: Высшая школа, 1975 – 303 с., ил.

Материал поступил в редакцию 13.02.13

DERESCHUK E.M. Application of a non-stationary thermal mode of heating of polymers at their secondary processing

The use of time-dependent thermal heating mode polymers at recycling significant portion of the waste plastic manufacture either dumped, burned or buried. Existing methods and equipment of the secondary of polymer processing is very energy intensive and costly. We consider the opportunity for the use of recycled plastics intermittent burning. This will reduce the use of natural resources, improve the environment, reduce energy consumption.

УДК 697.922.566

Ратушняк Г.С., Степанковский Р.В.

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГИИ СИСТЕМАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФАСОННЫХ ЧАСТЕЙ

Введение. Неотъемлемыми составными аэродинамической сети для разделения, слияния, направления, распределения, регулирования потока воздуха являются фасонные части: колена, тройники, диффузоры, конфузоры, решетки, дроссель-клапаны [1], создающие местные сопротивления протеканию рабочей среды. Перестройка поля скоростей в местных сопротивлениях, образование вихрей и поддержания их вращения требует существенных потерь энергии. В связи с этим, течение воздуха через местные сопротивления сопровождается потерями давления, шумообразованием [1, 2].

Одним из основных недостатков при работе вентиляционной сети есть возникновение шума, который создается как самой вентиляционной установкой, так и при прохождении воздуха по воздуховодам и через фасонные части. Наличие высокого уровня шума ограничивает возможность применения вентилятора с заданными аэродинамическими параметрами или вынуждает прибегать к шумоглушающим приспособлениям, которые удорожают и усложняют систему вентиляции [2].

Снижение интенсивности вихреобразования в местных сопротивлениях, уменьшение коэффициентов местных сопротивлений и, соответственно, потерь давления в них является актуальной задачей, решение которой позволит повысить энергоэффективность систем вентиляции.

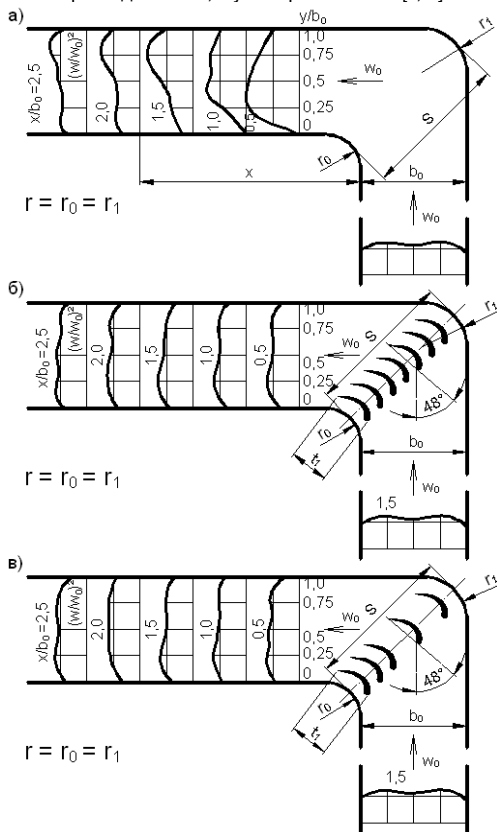
При проектировании аэродинамических систем на промышленных предприятиях, вследствие насыщенности инженерной инфраструктуры (технологического оборудования, строительных конструкций, разного рода коммуникаций), возникает сложность использования прямолинейных участков на значительных дистанциях, что влечет к необходимости использования большого количества колен с малым радиусом изгиба.

Использование фасонных частей аэродинамической сети с угловатыми удобообтекаемыми выступами обуславливает негативную аэродинамику прохождения рабочей среды через фасонную часть, вихреобразование, увеличения коэффициента местного сопротивления. Сопротивление колена может быть уменьшено не только скруглением или срезом кромок поворота, но и установлением направляющих лопаток. В первом случае увеличиваются габариты конструктивной части, во втором – сохраняется компактность [1].

Аэродинамическая решетка в колене, составленная из направляющих лопаток, вследствие развивающейся на ней аэродинамической силы, вызывает отклонение потока к внутренней стенке. При правильном выборе размеров, числа и угла размещения лопаток это отклонение потока предотвращает отрыв струи от стенок и образование вихревой области. При этом улучшается распределение скоростей по сечению за поворотом и уменьшается сопротивление колена [1] (рис. 1).

Для равномерного распределения скоростей непосредственно после поворота количество лопаток в колене принимают оптимальным (рис. 1, б) [1]

$$n_{норм} = 2,13 \left(\frac{r}{b_0} \right)^{-1} - 1, \tag{1}$$



а) без лопаток; б) с установлением оптимального числа лопаток; в) с установлением уменьшенного числа лопаток

Рис. 1. Схема распределения безразмерных скоростей (скоростных давлений) в колене

Ратушняк Георгий Сергеевич, к.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплогазоснабжения Винницкого национального технического университета.

Степанковский Роман Владимирович, аспирант кафедры теплогазоснабжения Винницкого национального технического университета. Украина, 21021, г. Винница, Хмельницкое шоссе, 95.

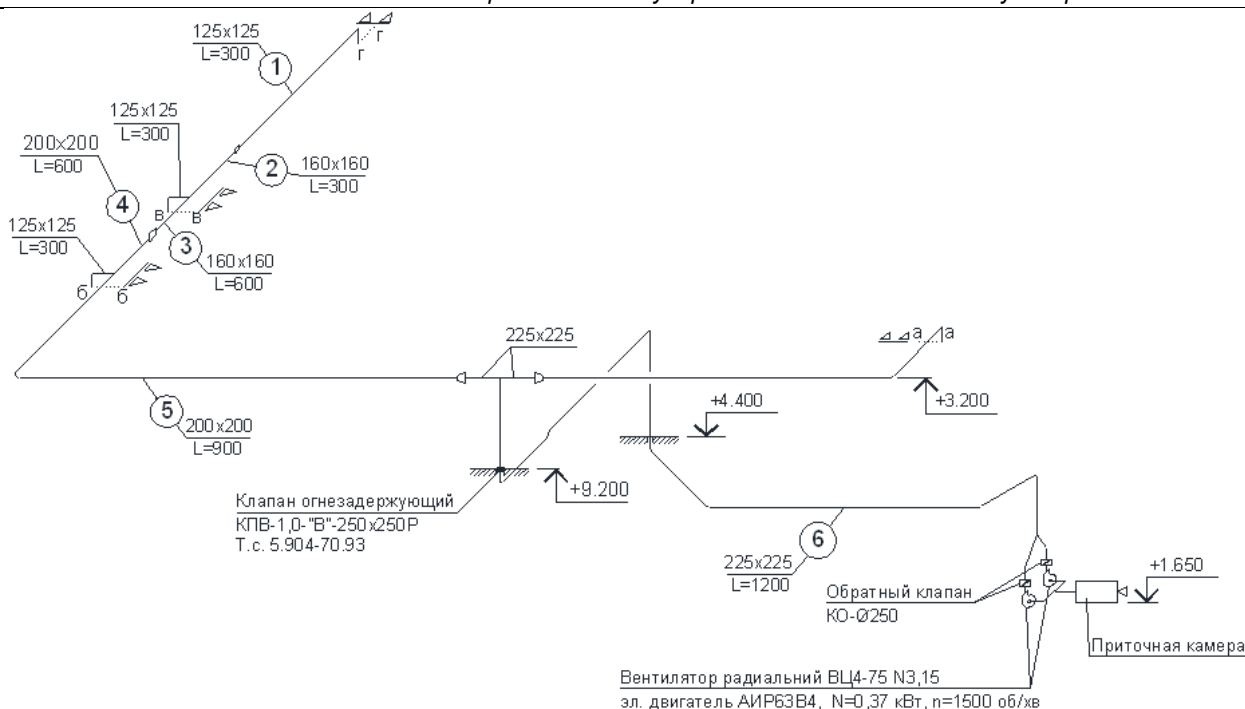


Рис. 2. Схема аэродинамического расчета приточной системы вентиляции П2 на тамбур-шлюзы сахарного завода

где $r = r_0 = r_1$ – радиус изгиба колена, мм;

b_0 – размер колена, мм.

В большинстве случаев можно ограничиться сокращенным числом лопаток («наивыгоднейшим» или минимальным) (рис. 1, в) [1]:

$$n_{наив} \approx 1,4 \left(\frac{r}{b_0} \right)^{-1}, \quad (2)$$

или $n_{наив} \approx 0,9 \left(\frac{r}{b_0} \right)^{-1}. \quad (3)$

При этом в обычных коленах меньшее сопротивление и лучшее распределение скоростей достигается при выборе наивыгоднейшего количества лопаток (2).

Хорда t_1 профилированной лопатки принимается как хорда дуги внутреннего закругления колена [1]:

$$t_1 = r\sqrt{2}. \quad (4)$$

Установление направляющих лопаток целесообразно в том случае, когда относительный радиус закругления для колена с постоянным сечением $r/b_0 \leq 0,4 \div 0,5$. Для диффузорных колена с расширительным входным сечением предельное отношение r/b_0 увеличивается примерно до 1,0; для конфузорных с суженным выходным сечением предельное отношение r/b_0 уменьшается примерно до 0,2 [1].

Существенным снижением коэффициента местного сопротивления в тройниках симметричной формы на 90° является использование тройника симметричной формы с плавным поворотом на 90° , в виде «ласточкиного хвоста» [1].

Для исследования эффективности использования колена с направляющими лопатками и тройника симметричной формы с плавным поворотом на 90° проанализируем аэродинамический расчет приточной системы вентиляции П2 на тамбур-шлюзы [3, 4, 5] сахарного завода с использованием предложенных фасонных частей и фасонных частей стандартного исполнения (рис. 2).

Коэффициент местного сопротивления колена прямоугольного сечения с направляющими лопатками равен [1]:

$$\xi = \frac{\Delta p}{\rho w_0^2} = k_{Re} \xi_M + \xi_{тр}, \quad (5)$$

где ξ_M – коэффициент местного сопротивления: $\xi_M = f(r/b_0)$, согласно графику а [1];

$\xi_{тр}$ – коэффициент сопротивления трения участка длиной l :

$$\xi_{тр} = (1 + 1,57 r/b_0) \lambda, [1];$$

λ – коэффициент сопротивления трения единицы относительной длины участка: диаграмма 2-1 ÷ 2-6, [1];

k_{Re} – поправочный коэффициент для числа Рейнольдса:

$$k_{Re} = 0,8 + 4,02 \cdot 10^4 / Re, [1].$$

Количество колена на главном расчетном участке (рис. 2) составляет $N=12$ шт., из которых $N=9$ шт. колена 90° . Техническая характеристика колена 90° с направляющими лопатками разного сечения приведена в таблице 1.

Количество тройников симметричной формы на главном расчетном участке (рис. 2) составляет $N=1$ шт. Техническая характеристика тройника 90° симметричной формы стандартного исполнения и тройника 90° симметричной формы с плавным поворотом в виде «ласточкиного хвоста» приведены в таблице 2 [1].

Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции на тамбур-шлюзы сахарного завода с использованием предложенных фасонных частей и фасонных частей стандартного исполнения приведен в таблицах 3 и 4.

Аэродинамические расчеты свидетельствуют, что общие потери давления с использованием колена без направляющих лопаток и тройника 90° симметричной формы стандартного исполнения составляет $\Delta p_1 = 640$ Па. При этом общие потери давления с использованием колена с направляющими лопатками и тройника 90° симметричной формы с плавным поворотом составляет $\Delta p_2 = 567$ Па, т.е. $\Delta p_1 > \Delta p_2$.

Таблица 1. Техническая характеристика колен 90° с направляющими лопатками разного сечения

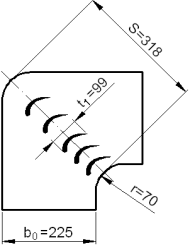
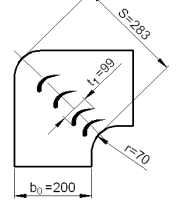
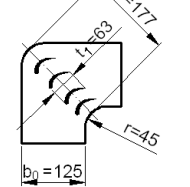
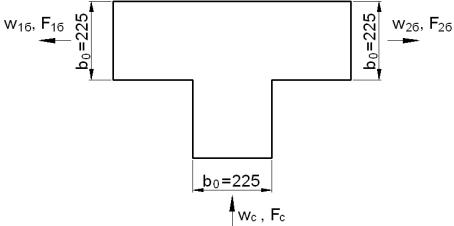
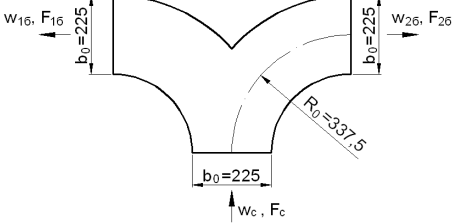
Эскиз колена 90°	Сечение, мм	Количество N , шт.	Радиус изгиба $r = r_0 = r_1$, мм	Длина профилированной лопатки t_1 , мм	Коэффициент местного сопротивления, ξ_1 (без направляющих лопаток)	Коэффициент местного сопротивления, ξ_2 (с направляющими лопатками)
	225x225	6	70	99	0,38	0,22
	200x200	1	70	99	0,33	0,16
	125x125	2	45	63	0,32	0,2

Таблица 2. Техническая характеристика тройника 90° симметричной формы стандартного исполнения и тройника 90° симметричной формы с плавным поворотом, в виде «ласточки хвоста»

Эскиз тройника	Коэффициент местного сопротивления
	$\xi_1 = 1,45$
	$\xi_1 = 0,25$

При небольшой протяженности приточной (расчетной) магистрали $L=34,5$ м использование в аэродинамической сети предложенных фасонных частей с меньшими коэффициентами местных сопротивлений снизили общие потери давления на $\Delta p_1 - \Delta p_2 = 640-567 = 73$ Па. Это свидетельствует об уменьшении мощности вентиляционного агрегата и, соответственно, экономии энергоресурсов.

Пример аэродинамического расчета магистрали с небольшой протяженностью свидетельствует об эффективности использования колен с направляющими лопатками в сильноизогнутых аэродинамических сетях, которые часто проектируются на промышленных предприятиях.

Заключение

- Использование в аэродинамической сети фасонных частей, конструкция которых способствует улучшению аэродинамических свойств протекания рабочей среды через фасонную часть, уменьшению интенсивности вихреобразования, приводит к уменьшению коэффициента местного сопротивления, снижению потерь давления, снижению энергопотребления.
- Проектирование аэродинамических сетей с использованием колен с направляющими лопатками целесообразно использовать для сильноизогнутых систем, применяемых на промышленных предприятиях с крупногабаритным технологическим оборудованием, с насыщенностью строительных конструкций, разного рода коммуникаций.

Таблица 3. Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции П2 на тамбур-шлюзы сахарного завода с использованием колен без направляющих лопаток и тройника 90° симметричной формы стандартного исполнения

№ участка	Кол.воздуха		Длина L, м	Скорость V, м/сек	Размер прямоугольных воздуховодов		Потеря давления на трение, кгс/м2		Скоростное давление (v ² ·γ)/2g, кгс/м2	Сумма коэффициентов местных сопротивлений Сумма E	Потеря давления на местные сопротивления Z, кгс/м2	Общие потери давления на участке RL+Z, кгс/м2	Суммарные потери давления на участке от начала сети Сумма (RL+Z), кгс/м2
	м3/год	м3/с			F, м2	АхВ, мм	на 1 м R	на всем участке RL					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Приточная магистраль: 1-2-3-4-5-6													
1	300	0,083	7,68	5,33333333	0,015625	125x125	0,526	4,03968	1,72	1,94	3,3368	7,37648	7,37648
2	300	0,083	2,495	3,25520833	0,0256	160x160	0,159	0,396705	0,648	0,8	0,5184	0,915105	8,291585
3	600	0,167	1,78	6,51041667	0,0256	160x160	0,559	0,99502	2,58	0,1	0,258	1,25302	9,544605
4	600	0,167	1,99	4,16666667	0,04	200x200	0,184	0,36616	1,08	0,6	0,648	1,01416	10,558765
5	900	0,25	23,4	6,25	0,04	200x200	0,394	9,2196	2,39	1,88	4,4932	13,7128	24,271565
6	1200	0,333	35,93	6,58436214	0,050625	225x225	0,374	13,43782	2,64	6,23	16,4472	29,88502	54,156585
												Фильтр ячейковы	5
												Капорифер	4,8
Общие потери давления												63,956585 (640 Па)	

Таблица 4. Аэродинамический расчет приточной системы вентиляции П2 на тамбур-шлюзы сахарного завода с использованием колен с направляющими лопатками и тройника 90° симметричной формы с плавным поворотом, в виде «ласточкиного хвоста»

№ участка	Кол.воздуха		Длина L, м	Скорость V, м/сек	Размер прямоугольных воздуховодов		Потеря давления на трение, кгс/м2		Скоростное давление (v ² ·γ)/2g, кгс/м2	Сумма коэффициентов местных сопротивлений Сумма E	Потеря давления на местные сопротивления Z, кгс/м2	Общие потери давления на участке RL+Z, кгс/м2	Суммарные потери давления на участке от начала сети Сумма (RL+Z), кгс/м2
	м3/год	м3/с			F, м2	АхВ, мм	на 1 м R	на всем участке RL					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Приточная магистраль: 1-2-3-4-5-6													
1	300	0,083	7,68	5,33333333	0,015625	125x125	0,526	4,03968	1,72	1,7	2,924	6,96368	6,96368
2	300	0,083	2,495	3,25520833	0,0256	160x160	0,159	0,396705	0,648	0,8	0,5184	0,915105	7,878785
3	600	0,167	1,78	6,51041667	0,0256	160x160	0,559	0,99502	2,58	0,1	0,258	1,25302	9,131805
4	600	0,167	1,99	4,16666667	0,04	200x200	0,184	0,36616	1,08	0,6	0,648	1,01416	10,145965
5	900	0,25	23,4	6,25	0,04	200x200	0,394	9,2196	2,39	0,51	1,2189	10,4385	20,584465
6	1200	0,333	35,93	6,58436214	0,050625	225x225	0,374	13,43782	2,64	4,89	12,9096	26,34742	46,931885
												Фильтр ячейковы	5
												Капорифер	4,8
Общие потери давления												56,731885 (567 Па)	

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О.Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. / И.Е. Идельчик – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
- Вахвахов, Г.Г. Энергосбережение и надежность вентиляторных установок / Г.Г.Вахвахов. – М.: Стройиздат, 1989. – 176 с.
- Отопление, вентиляция и кондиционирование: СНиП 2.04.05-91 *У.
- Ведомственные нормы технологического проектирования свекло-сахарных заводов: ВНТП 03 – 91. – М.: Гипросахпром, 1991. – 357 с.
- Донин, Л.С. Справочник по вентиляции кондиционированию и теплоснабжению предприятий пищевой промышленности / Л.С. Донин. – М.: Пищевая промышленность, 1968.

Материал поступил в редакцию 15.02.13

RATUSHNYAK G.S., STEPANKOVSKY R.V. Decreased energy consumption of the ventilation system by improving the aerodynamic properties of a fitting

The article is devoted to the reduction of energy consumption in the ventilation systems in the industry. For efficiency in the wind network fittings, the construction of which improves aerodynamics fluid flow through the molded part, reduces the intensity of the vortex in the article the aerodynamic calculation of the real system in the vestibule ventilation gateways sugar factory. Create sophisticated aerodynamic networks in industrial designers poses a range of problems of varying specificity. At the forefront of modern design puts a condition to save energy. The greatest significant impact on the energy loss of the medium flow has local resistance. The complexity of the calculations in the aerodynamics of local resistance due to the presence in them of change of velocity flow separation, vortex shedding and turbulence.