DOI: 10.17117/na.2016.03.03.088

Поступила (Received): 29.03.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.03.03.088.pdf>

Кочетов О.С.
Применение аппаратов кипящего
слоя в системах вентиляции

Kochetov O.S.
Research of nonlinear throttle devices
for systems of vibration insulation

В работе представлена методика расчета параметров теплоутилизаторов, выполненных на базе аппаратов кипящего слоя, установленных в приточно-вытяжных устройствах систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Расчет системы кондиционирования воздуха выполнялся для гребнечесального цеха ОАО «Троицкая камвольная фабрика», находящегося в г. Троицке Московской области

Ключевые слова: теплоутилизатор, аппарат кипящего слоя, система вентиляции

Кочетов Олег Савельевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

*Московский технологический университет
г. Москва, ул. Стромынка, 20*

In work the method of calculation of parameters of the heatutilizers executed on the basis of devices of the boiling layer, systems of ventilation and air conditioning installed in forced-air and exhaust devices is presented. Calculation of the air conditioning system was carried out for the grebnechesalny shop JSC Troitsk Worsted Factory which is in Troitsk the Moscow region

Key words: heatutilizer, device of the boiling layer, system of ventilation

Kochetov Oleg Savelyevich

Doctor of Sociological Sciences, Professor, Head of Department

*Moscow technological university
Moscow, Stromynk st., 20*

В работе представлена методика расчета параметров теплоутилизаторов, на базе аппаратов кипящего слоя, установленных в приточно-вытяжных устройствах систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Расчет системы кондиционирования воздуха выполнялся для гребнечесального цеха ОАО «Троицкая камвольная фабрика», находящегося в г. Троицке Московской области [1,с.181; 10,с.17; 11,с.19].

Рассмотрим методику расчета теплоутилизатора для систем вентиляции и кондиционирования воздуха на примере производственного цеха ОАО «Троицкая камвольная фабрика». Расчет системы кондиционирования воздуха выполнялся для гребнечесального цеха ОАО «Троицкая камвольная фабрика», находящейся в г. Троицке Московской области. Площадь цеха составляет 2 122 м², высота – 3,2 м. На продольной стене цеха, обращенной на юг, имеются 32 окна, на восток – 10 окон, с двойным остеклением в деревянных переплетах, размером 1,8·1,4 м.

Технологическое оборудование состоит из 54 ленточных и гребнечесальных машин мощностью электродвигателей 2,8 кВт. В цехе одновременно работают 47 человек.

Сумма теплоступлений от всех источников для теплого периода года будет равна [6,с.17]:

$$\Sigma Q = 489888 + 37600 + 59202 + 57707 + 360\,000 = 1004397 \text{ кДж/ч.}$$

Примем расчетные параметры Б наружного воздуха для г.Троицка [1,с.117]: $t_n = 28,5^\circ\text{C}$, $i_n = 54 \text{ кДж/кг}$. Внутренние параметры принимаем равными $t_b = 25^\circ\text{C}$ при $\phi = 50\%$. Цех находится на верхнем этаже, в связи с чем теплотери будут через наружные стены, окна и потолок. Подсчитав теплотери по каждому ограждению в отдельности и просуммировав их, получим общую величину теплотерь в цехе: $\Sigma Q = 21\,016 \text{ кДж/ч}$. Таким образом, избыточное тепло в летнее время составит: $\Sigma Q_p = 1025413 \text{ кДж/ч}$.

Количество воздуха, которое необходимо подавать в цех, определим по формуле [1,с.212; 3,с.150].

$$L_M = \frac{\Sigma Q_n}{(\Delta i_{\text{зала}} - \Delta i_{\text{вен}}) \cdot K_{\Sigma}} = \frac{1025413}{(3,2 - 0,8) \cdot 1,15} = 222916 \text{ кг/ч} \quad (1)$$

Рис. 1. Система вентиляции и кондиционирования воздуха с утилизатором тепла кипящего слоя: 1-теплообменник системы вентиляции и кондиционирования воздуха, 2-теплообменник первого подогрева, 3,7-аппараты кипящего слоя, 4,8-насосы, 5,6-вентиляторы

Теплопоступления в цехе от машин и людей в зимнее время остаются те же, что и летом, а поступления тепла от солнечной радиации и с чердака не будет. В то же время часть тепла будет теряться через ограждения здания. Таким образом, избыточное тепло в зале в зимнее время составит [6,с.120; 7,с.25; 8,с.29]:

$$\Sigma Q_{\Pi} = (Q_1 + Q_2 + Q_5 - Q_{\text{пот}}) = 489\,888 + 37\,600 + 360\,000 - 276\,204 = 611\,284 \text{ кДж/ч.}$$

Затем был построен процесс на i-d-диаграмме, из которого следует, что первый подогрев воздуха в кондиционере не нужен и нет надобности в установке секции первого подогрева. Связующий эффект по теплу в этом случае будет равен $\Delta i_{\text{зала}} = i_{\text{в}} - i_{\text{к}} = 38,9 - 28,9 = 10 \text{ кДж/кг}$. Учитывая, что нагрев воздуха в вентиляторе равен около 0,8 кДж/кг, связующий эффект будет составлять $\Delta i_{\text{зала}} = 10 - 0,8 = 9,2 \text{ кДж/кг}$. Производительность установки для кондиционирования воздуха будет равна

$$L_M = \frac{\sum Q_{\Pi}}{\Delta i_{\text{зала}} \cdot K_{\Sigma}} = \frac{611\,284}{9,2 \cdot 1,15} = 86\,133 \text{ кг/ч} \quad (2)$$

или 71184 м³/ч. Следовательно, зимой кондиционер должен работать с несколько уменьшенной производительностью. При выборе кондиционера будем учитывать параметры, рассчитанные для лета. Принимаем к установке кондиционер типа КТ-200 расчетной производительностью 182000 м³/ч при номинальной производительности 200000 м³/ч [4,с.181; 5,с.165].

Система вентиляции с утилизатором тепла работает следующим образом. Подаваемый вентилятором 5 наружный воздух сначала нагревается в теплообменнике 1, а затем догревается в теплообменнике первого подогрева 2 и поступает в аппарат 3, где происходит адиабатное охлаждение и увлажнение приточного воздуха водой, рециркуляция которой осуществляется насосом 4. Удаленный из помещения воздух вентилятором 6 подается в аппарат 7 кипящего слоя, служащий теплоутилизатором. Насос 8 предназначен для циркуляции воды, играющей роль промежуточного теплоносителя.

Для всего аппарата полный перепад давления [1,с.141; 2,с.157].

$$\Delta P = G / S \quad (3)$$

а перепад давления в слое

$$\Delta P = g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}})(1 - \varepsilon) \quad (4)$$

где G , h – масса и высота слоя; S – полное сечение аппарата; $\rho_{\text{ч}}$, $\rho_{\text{г}}$ – плотность частицы материала и газа; ε – порозность слоя.

Кипящий слой характеризуется следующими параметрами: порозностью слоя ε (относительный объем пустот в слое), скоростью на живое сечение u/ε , числом псевдооживления $W = u/u_{\text{кр}}$, высотой слоя h , скоростью витания частиц $u_{\text{вит}}$ и показателем полидисперсности i (отношение диаметров частиц крупной и мелкой фракций).

Для описания гидродинамики кипящего слоя в условиях различных режимов обтекания частиц наиболее применима интерполяционная формула Тодеса (для шарообразных частиц)

$$Re = \frac{Ar}{(1400 - 5,22)\sqrt{Ar}} \quad (5)$$

Им же предложена обобщенная полуэмпирическая зависимость для описания всего интервала существования взвешенного слоя

$$Re = \frac{Ar \varepsilon^{4,75}}{A + B\sqrt{Ar \varepsilon^{4,75}}} \quad (6)$$

где $A = 18$ и $B = 0,61$ – константы.

Выражение (6) при $\varepsilon = 0,4$ превращается в формулу (5) для определения критической скорости псевдооживления, а при $\varepsilon = 1,0$ – скорости витания

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} \quad (7)$$

Неудобство такого метода расчета состоит в том, что в левой и правой частях уравнения содержится одна и та же величина $d_{\text{ч}}$, которая входит в критерий Рейнольдса Re и Архимеда Ar . Поэтому в настоящее время вместо Re используют производный от него критерий Лященко Ly

$$Ly = \frac{Re^3}{Ar} = \frac{v^3 \rho_r}{\nu g(\rho_{\text{ч}} - \rho_r)} \quad (8)$$

где $d_{\text{ч}}$ – диаметр частиц; ν – кинематическая вязкость среды.

Таким образом, зависимость $Re=f(Ar)$ изменяется зависимостью $Ly = f(Ar)$, причем $\nu = f(d_{\text{ч}})$. Зависимость $Ly = f(Ar)$ представлена графически [2, с.231], а область существования псевдооживленного слоя лежит между кривыми порозности $\varepsilon = 1$ и $\varepsilon = 0,4$ [9, с.32].

Список используемых источников:

1. Сажин Б.С., Кочетов О.С. Научные основы создания систем жизнеобеспечения для текстильных производств. М.: МГТУ, 2004. 318 с.
2. Кочетов О.С., Бородин Е.С. Повышение эффективности процессов сушки путем применения физических полей // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. С. 155-160.
3. Кочетов О.С., Бородин Е.С. Расчет системы кондиционирования воздуха с применением теплообменных аппаратов // Наука и современность 2014. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. С. 147-152.
4. Кочетов О.С., Кантере В.М., Матисон В.А., Седых И.В. Исследование режимов работы распылительной сушилки // Математика, информатика, естествознание в экономике и обществе (МИЕСЭКО 2014). М.: МФЮА, 2014. С. 179-185.
5. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Экологическая безопасность промышленных предприятий // Техника и технологии: Пути инновационного развития. Курск, 2014. С. 161-166.
6. Кочетов О.С., Гетия И.Г. Выбор оптимальных параметров микроклимата рабочей зоны // В мире научных исследований. Краснодар, 2014. С. 17-21.
7. Кочетов О.С. Система вентиляции с использованием тепла в аппаратах кипящего слоя // Наука и образование XXI века. Уфа: Аэтерна, 2014. С. 22-27.
8. Кочетов О.С., Сошенко М.В., Булаев В.А. Расчет систем кондиционирования воздуха с теплообменными аппаратами // Глобализация науки: проблемы и перспективы. Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. С. 25-30.

9. Кочетов О.С., Сошенко М.В., Булаев В.А. Расчет системы искусственного микроклимата с теплоутилизатором кипящего слоя // Глобализация науки: проблемы и перспективы. Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. С. 30-33.
10. Кочетов О.С. Приточно-вытяжная установка с теплоутилизатором. Патент РФ №2282794. Бюллетень изобретений №24 от 27.08.2006.
11. Кочетов О.С. Энергосберегающая система вентиляции. Патент РФ №2306491. Бюллетень изобретений № 26 от 20.09.2007.

© 2016, Кочетов О.С.

Применение аппаратов кипящего слоя в системах вентиляции

© 2016, Kochetov O.S.

Research of nonlinear throttle devices for systems of vibration insulation