

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи

на тему «РОЗРАХУНОК СКРУБЕРА ВЕНТУРИ»

з дисципліни «ПРИКЛАДНА АЕРОЕКОЛОГІЯ»

*(для студентів 5 курсу (9 семестр) заочної форми навчання напрямів
0708 «Екологія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»)*

Харків

ХНАМГ

2011

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Розрахунок скрубера Вентурі» з дисципліни «Прикладна аероекологія» (для студентів 5 курсу (9 семестр) заочної форми навчання напрямів 0708 «Екологія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування») / Харк. нац. акад. міськ. гос-ва; уклад.: В. Є. Бекетов, О. С. Ломакіна, Т. В. Дмитренко. – Х.: ХНАМГ, 2011 – 18 с.

Укладачі: В. Є. Бекетов,
О. С. Ломакіна,
Т. В. Дмитренко

Рецензент: завідувач кафедри ІЕМ, професор, д.т.н. Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою Інженерної екології міст,
протокол № 1 від 04.09.2009р.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Значний внесок у забруднення атмосферного повітря міст вносять викиди від стаціонарних джерел промислових підприємств, таких як котельні установки теплових електростанцій, пічні агрегати металургійних підприємств, цехів лиття, агрегати хімічної промисловості, машинобудування та інших видів виробництв.

Головним заходом з захисту атмосфери від цих викидів є використання технічних засобів очищення димових газів.

Мета розрахунково-графічної роботи – засвоїти сучасні методики розробки технічних засобів і технологічних процесів очищення газів на прикладі скрубера Вентурі.

При виконанні розрахунково-графічної роботи студент окрім цих методичних вказівок повинен використовувати матеріали, наведені в переліку літератури.

ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Для виконання розрахунково-графічної роботи необхідні наступні данні, що визначають у залежності від номера варіанта (№).

1.Параметри димового газу:

витрата $G_2 = 30+0,5N_2$ (кг/с);

температура $t_{2l} = 295+N_2$ ($^{\circ}\text{C}$);

запиленість неочищеного газу $Z_1 = 5+0,1N_2$ (г/м³);

необхідна запиленість очищеного газу $Z_2 = 0,1$ г/м³.

густина газу при нормальних умовах $\rho_{2н} = 1,33$ кг/м³

2.Параметри води, що використовується у системі очистки газу:

температура $t_{e1} = 30+N_2$ ($^{\circ}\text{C}$);

тиск $P_e = 0,5$ МПа.

Приймаємо, що витрата води на вході до системи газоочистки $G_{в1}$ дорівнює витраті газу на вході G_2 .

3.Середнє значення атмосферного тиску в районі джерела викидів (барометричний тиск) $P_0 = 10^5$ Па

4.Характеристика джерела викидів (вид пилу або туману) – пил мартенівської печі, що працює на кисневому дутті.

СКЛАД РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота повинна містити розрахунки з визначення параметрів димового газу до і після системи очистки, необхідного ступеню очистки, гідравлічного опору труби Вентурі і каплевловлювача, швидкості газу в горловині труби Вентурі, конструктивних параметрів каплевловлювача й труби Вентурі, графіки регулювальних характеристик роботи труби Вентурі.

Пояснювальна записка має наступну структуру:

1. Титульний лист.
2. Вихідні данні до роботи.
3. Зміст.
4. Вступ.
5. Розрахункова частина.
6. Графік регулювальних характеристик труби Вентурі (на аркуші міліметрівки формату А4).
7. Список літератури.

Також пояснювальна записка повинна містити розрахункові схеми труби Вентурі, каплевловлювача.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКУ

1. Розрахунок параметрів димового газу

Спочатку зробимо розрахунок допоміжних параметрів: густини й об'ємної витрати газу.

Густина газів на вході до скрубера (кг/м^3):

$$\rho_{z1} = \frac{\rho_{zn} (P_0 - P_{z1}) 273}{101325 (273 + t_{z1})},$$

де P_0 – барометричний тиск, Па;

t_{z1} – температура газу перед трубою Вентурі, $^{\circ}\text{C}$;

P_{z1} – розрідження в газоході перед трубою Вентурі, Па. Задають попередньо 10^4 Па, в подальшому уточнюють у процесі розрахунку.

Об'ємна витрата газу на вході в трубу Вентурі ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_{z1} = \frac{G_z}{\rho_{z1}},$$

де G_z – масова витрата газу на вході в трубу Вентурі, кг/с .

Після розрахунку додаткових параметрів виконується розрахунок температури на виході з труби Вентурі t_{z2} .

Подальший розрахунок ведемо на основі закону збереження енергії. При цьому викидами тепла в навколишнє середовище через стінки обладнання можна знехтувати.

Тобто: $q_1 = q_2$,

де q_1 – кількість тепла, що вноситься сухим газом і зрошуючою водою на вході в трубу Вентурі, кДж/с . Припускаємо, що на газоочистку подається сухий газ, тому до розрахунку q_1 не включаємо кількість тепла, що вноситься з парою;

q_2 – кількість тепла, що виноситься сухим газом, водою і водяною парою, що міститься в газі, зі скрубера Вентурі, кДж/с .

$$q_1 = q_{c21} + q_{61}$$

$$q_2 = q_{c22} + q_{62} + q_{n2}$$

Кількість тепла, що вноситься сухим газом у скруббер (кДж/с):

$$q_{c21} = C_{p2} G_2 t_{21},$$

де C_{p2} – теплоємність димового газу (близького за хімічним складом до повітря), кДж/кг град; $C_{pg} = 1$;

G_2 – масова витрата димового газу (сухого) на вході в систему очистки, кг/с;

t_{21} – температура газу на вході в трубу Вентурі, °С.

Кількість тепла, що вноситься зі зрошуючою водою в скруббер (кДж/с):

$$q_{61} = C_6 G_{61} t_{61},$$

де C_6 – теплоємність води, що подається на зрошення в трубу Вентурі, кДж/кг град, $C_6 = 4,19$ кДж/кг град;

G_{61} – витрата води, що подається на зрошення в трубу Вентурі, кг/с.

Приймаємо $G_{61} = G_2$.

Подальший розрахунок ведем методом послідовного наближення. Задаємо значення температури газу на виході зі скрубера t_{22} , вважаючи, що парогазорідинна суміш на виході з труби Вентурі знаходиться в стані термодинамічної рівноваги. Рекомендують попередньо обирати температуру в діапазоні від 47 до 52 °С.

Будемо вважати, що $t_{22} = t_{62}$. Парціальний тиск водяної пари $P_{пари}$ в залежності від температури визначають згідно з табл.1.

Таблиця 1 – Залежність парціального тиску від температури газу

$t_{22},$ °С	$P_{пари},$ кПа	$t_{22},$ °С	$P_{пари},$ кПа	$t_{22},$ °С	$P_{пари},$ кПа	$t_{22},$ °С	$P_{пари},$ кПа
39	7,01	44	9,3	49	12,0	54	15,3
40	7,5	45	9,8	50	12,6	55	16,1
41	7,9	46	10,3	51	13,2	56	16,8
42	8,4	47	10,8	52	13,9	57	17,7
43	8,8	48	11,4	53	14,6	58	18,5

Вологість газів (концентрація водяної пари, віднесена до одиниці маси сухого газу):

$$d = \frac{0,804 \cdot P_{\text{парц}}}{(P - P_{\text{парц}}) \rho_{\text{гн}}},$$

де P – атмосферний тиск газу, Па

Витрата водяної пари, що міститься на виході зі скрубера (кг/с):

$$G_n = G_z d$$

Витрату води на виході зі скрубера Вентурі визначаємо з рівняння матеріального балансу (кг/с):

$$G_{в2} = G_{в1} - G_z d$$

Визначаємо кількість тепла, що виноситься зі скрубера з сухим газом (кДж/с):

$$q_{с2} = C_{pг} G_z t_{z2},$$

де t_{z2} – температура газу на виході зі скрубера Вентурі, °С.

Кількість тепла, що виноситься зі скрубера з витікаючою водою (кДж/с):

$$q_{в2} = C_v G_{в2} t_{в2},$$

де $t_{в2}$ – температура води, що виходить зі скрубера, °С;

$G_{в2}$ – витрата води, що виходить зі скрубера Вентурі, кг/с.

Кількість тепла, що виноситься зі скрубера з водяною парою, що міститься в газі (кДж/с):

$$q_{n2} = i_n G_n,$$

де i_n – ентальпія водяної пари, що міститься на виході зі скрубера, кДж/кг.

$$i_n = 2501 + 1,93 t_{z2},$$

При правильно заданій температурі t_{z2} значення q_1 та q_2 відрізняються не більше, ніж на 5%. Для визначення цієї різниці розраховують розмір відносного відхилення :

$$\delta = \frac{|q_1 - q_2|}{q_1} 100\% \leq 5\%$$

У тому випадку, коли $\delta > 5\%$, необхідно задати нове значення t_{22} і повторити розрахунок, зважаючи на те, що:

- якщо $q_1 > q_2$, нове значення $t_{22}^1 > t_{22}$;
- якщо $q_1 < q_2$, нове значення $t_{22}^1 < t_{22}$.

2. Розрахунок скрубера Вентурі

Завданням розрахунку скрубера Вентурі є визначення головних конструктивних розмірів труби Вентурі й каплевловлювача.

Необхідний ступінь очистки запиленого газу:

$$\eta = \frac{z_1 - z_2}{z_1},$$

де Z_1 – запиленість неочищеного газу, г/м³;

Z_2 – запиленість очищеного газу (при нормальних умовах), г/м³.

Скористаємось енергетичним методом розрахунку пиловловлювачів. Залежність між ступенем очистки газу й витратами енергії відображається формулою

$$\eta = 1 - \exp(-B K_q^X),$$

де B, X – безрозмірні параметри;

K_q – сумарна енергія контакту фаз, Дж/м³.

Підбираємо параметри B і X для заданого виду пилу, що є функцією дисперсного складу, щільності, форми часток і інших властивостей пилу. Наближені значення B і X можна визначити, користуючись табл. 2

Таблиця 2 – Параметри, що використовують для розрахунку ступеню очистки за допомогою енергетичного методу

Вид пилу	<i>B</i>	<i>χ</i>
Пил вагранок	$1,355 \times 10^{-2}$	0,6210
Пил доменної печі	$6,61 \times 10^{-2}$	0,891
Пил вапневої печі	$6,5 \times 10^{-4}$	1,0529
Пил мартенівських печей, що працюють на кисневому дутті	$1,565 \times 10^{-6}$	1,619
Пил мартенівських печей, що працюють на повітряному дутті	$1,74 \times 10^{-6}$	1,594
Зола димових газів ТЕС	$4,34 \times 10^{-3}$	0,3

Сумарну енергію контакту, необхідну для досягнення заданого ступеню очистки визначаємо виходячи з рівняння ступеню очистки і дорівнює (Дж/м³):

$$K_u = \exp\left(\frac{\ln^{-\ln(1-\eta)}}{B} x\right) .$$

У скрубєрі Вентурі сумарна енергія контакту витрачається на подолання гідравлічного опору апарату й розпилення зрошувальної води:

$$K_u = \Delta P_{скр} + P_{в1} \left(\frac{Q_{в1}}{Q_{г1}} \right) ,$$

де $\Delta P_{скр}$ – гідравлічний опір скрубєра, що складається з гідравлічного опору труби Вентурі і каплевловлювача, Па;

$Q_{в1}, Q_{г1}$ – об’ємні витрати води й газу на вході в скрубєр, м³/с;

$P_{в1}$ – тиск рідини, що розпилюється, Па.

$$P_{в1} = P_в - \rho_в g H,$$

де H – висота розташування зрошувальної форсунки над рівнем землі.

Приймаємо в межах 5-20 м.

Розв’язуючи рівняння для розрахунку K_u , розраховуємо гідравлічний опір скрубєра (Па):

$$\Delta P_{скр} = K_u - P_{в1} \left(\frac{Q_{в1}}{Q_{г1}} \right) .$$

Об'ємну витрату води визначаємо за формулою ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q_{в1} = \frac{G_в}{\rho_в}.$$

Враховуючи, що

$$\Delta P_{скр} = \Delta P_{ТВ} + \Delta P_{капл},$$

де $\Delta P_{ТВ}$ – гідравлічний опір труби Вентурі, Па;

$\Delta P_{капл}$ – гідравлічний опір каплевловлювача, Па.

Гідравлічний опір труби Вентурі дорівнює:

$$\Delta P_{ТВ} = \Delta P_{скр} - \Delta P_{капл}$$

Гідравлічний опір каплевловлювача визначаємо за формулою

$$\Delta P_{капл} = \xi_{капл} \cdot \rho_{г2} \cdot \frac{\omega_{ан}^2}{2},$$

де $\xi_{капл}$ – коефіцієнт гідравлічного опору каплевловлювача (для каплевловлювача малогабаритного прямого циклону $\xi_{капл}$ приймаємо рівним 18);

$\omega_{ан}$ – швидкість газу в апараті (рекомендують приймати в межах 4,5 – 5,5 м/с).

Знаходимо швидкість газу в горловині труби Вентурі, що забезпечує її гідравлічний опір $\Delta P_{ТВ}$. Розрахунок ведуть методом послідовного наближення.

Задаємо значення швидкості газу $\omega_г$ в межах 50-170 м/с.

Розраховуємо гідравлічний опір труби Вентурі при заданій швидкості (Па):

$$\Delta P_{ТВ}' = \Delta P_г + \Delta P_в,$$

де $\Delta P_г$ – частка гідравлічного опору, що обумовлена рухом газів, Па;

$\Delta P_в$ – частка гідравлічного опору, що обумовлена введенням зрошувальної рідини, Па.

$$\Delta P_2 = \xi_2 \cdot \rho_2 \cdot \frac{\omega_2^2}{2} ,$$

де ξ_2 – коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби Вентурі.

Частка гідравлічного опору, що обумовлена введенням зрошувальної рідини, дорівнює:

$$\xi_2 = 0,165 + 0,034 \frac{l_2}{d_2} (0,06 + 0,28 \frac{l_2}{d_2}) M ,$$

де $\frac{l_2}{d_2}$ - відношення довжини до діаметру горловини труби Вентурі, задають у межах від 1,5 до 3;

M – число Маха

$$M = \frac{\omega_2}{\omega_{38}} ,$$

де ω_{38} – швидкість звука в газі, м/с

$$\omega_{38} = \sqrt{2 \frac{K}{K+1}} \sqrt{\frac{RT}{Mr}} ,$$

де K – коефіцієнт адіабати для повітря (Па), $K = 1,4$.

Mr – молярна маса повітря; приймаємо $Mr = 29$.

Частка гідравлічного опору, що обумовлена введенням зрошувальної рідини (Па):

$$\Delta P_в = \xi_в \cdot \rho_в \cdot m \cdot \frac{\omega_2^2}{2} ,$$

де m – питома витрата зрошувальної рідини

$$m = \frac{Q_{в1}}{Q_{21}} ,$$

$\xi_в$ – коефіцієнт гідравлічного опору, обумовленого введенням зрошувальної рідини

$$\xi_в = 0,63 \xi_2 m^{-0,3} ,$$

$\rho_в$ – густина зрошувальної рідини, кг/м³.

Якщо значення отриманого гідравлічного опору труби Вентурі при заданій швидкості співпадає з раніш знайденим

$$\delta = \frac{|\Delta P_{me} - \Delta P'_{me}|}{\Delta P_{me}} 100\% \leq 5\%$$

(тобто, різниця складає не більше 5%), то вважаємо, що швидкість газу в горловині труби Вентурі підібрано вірно.

Якщо $\Delta P_{ТВ} > \Delta P'_{ТВ}$, то задаємо нове значення швидкості газу в горловині, що менше за попереднє.

Якщо $\Delta P_{ТВ} < \Delta P'_{ТВ}$, то задаємо нове значення швидкості газу в горловині, що більше за попереднє.

3. Розрахунок конструктивних параметрів скрубера Вентурі

Спочатку розрахуємо допоміжні параметри: фактичну густину газу й об'ємну витрату газу на виході.

Фактична густина вологого газу на виході зі скрубера (кг/м^3):

$$\rho_{22} = \frac{2,17 \cdot 10^{-3} (1+d) (P_0 \pm P_{22})}{\left(\frac{0,804}{\rho_{2H}} + d\right) (273 + t_{22})},$$

де P_0 – барометричний тиск, Па;

P_{22} – надлишковий тиск (розрідження) в газоході на виході зі скрубера, Па.

У нашому випадку значенням P_{22} із-за незначного аеродинамічного опору ділянки газоходу від скрубера до виходу з димової труби можна знехтувати:

$P_{22} = 0$ Па.

Об'ємна витрата газу на виході зі скрубера ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_{22} = \frac{G_2 (1+d)}{\rho_{22}}$$

Конструктивні параметри труби Вентурі можна визначити, користуючись розрахунковою схемою (рис. 1) і наступними співвідношеннями:

- швидкість газу на вході в конфузور $\omega_k = 15-20$ м/с;
- кут звуження конфузору $\alpha_k = 25-28^\circ$;
- швидкість газу на виході з дифузору $\omega_d = 15-20$ м/с;
- кут розкриття дифузору $\alpha_d = 6-7^\circ$.

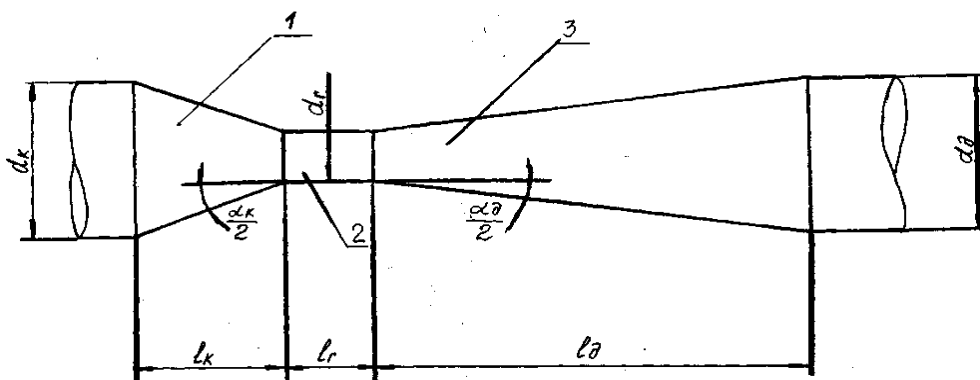


Рис. 1. – Розрахункова схема труби Вентурі

1 – конфузор; 2 – горловина, 3 – дифузор

l_k, l_2, l_d – довжини відповідно конфузора, горловини й дифузора;

d_k, d_2, d_d – діаметри, відповідно, конфузора, горловини й дифузора;

$\alpha_k/2, \alpha_d/2$ – половина кута, відповідно, звуження конфузору й розкриття дифузору.

Діаметр горловини труби Вентурі визначаємо за формулою (м)

$$d_2 = \sqrt{\frac{4F_2}{\pi}},$$

де F_2 – площа перетину горловини труби Вентурі, м².

$$F_2 = \frac{Q_{22}}{\omega_2}$$

Діаметр конфузора труби Вентурі визначаємо за формулою (м)

$$d_k = \sqrt{\frac{4F_k}{\pi}},$$

де F_{κ} – площа перетину конфузора труби Вентурі, м².

$$F_{\kappa} = \frac{Q_{z1}}{\omega_{\kappa}}$$

Діаметр дифузора труби Вентурі визначаємо за формулою (м)

$$d_{\partial} = \sqrt{\frac{4F_{\partial}}{\pi}},$$

де F_{∂} – площа перетину дифузора труби Вентурі, м².

$$F_{\partial} = \frac{Q_{z2}}{\omega_{\partial}}$$

Довжину труби Вентурі визначають за формулою (м)

$$l_{TB} = l_{\kappa} + l_z + l_{\partial},$$

де l_{κ} , l_z , l_{∂} – довжини, відповідно, конфузора, горловини й дифузора, м.

Довжину конфузора знаходять за формулою (м)

$$l_{\kappa} = \frac{d_{\kappa} - d_z}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{\kappa}}{2}\right)},$$

Довжина горловини визначається з раніше заданого співвідношення

$$\frac{l_z}{d_z} \text{ (див. розрахунок. } \xi_z)$$

Довжину дифузора знаходять за формулою (м)

$$l_{\partial} = \frac{d_{\partial} - d_z}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_{\partial}}{2}\right)},$$

4. Визначення конструктивних параметрів каплевловлювача

Конструктивні параметри каплевловлювача можна визначити, користуючись розрахунковою схемою (рис. 2) і наступними співвідношеннями:

Діаметр каплевловлювача (м):

$$d_{\text{капл}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{капл}}}{\pi}},$$

де F_k – площа перетину каплевловлювача, м^2 .

$$F_k = \frac{Q_{z2}}{\omega_{an}}$$

Висоту каплевловлювача визначаємо за формулою (м):

$$h_{\text{капл}} = 1,5 h_{\text{капл}}$$

Швидкість газу у вхідному патрубці $\omega_{\text{вх}} = 25 \text{ м/с}$.

Відношення висоти до ширини вхідного патрубка $a/b = 3$.

Співвідношення площ вхідного і вихідного патрубків:

$$\frac{F_{\text{вих}}}{F_{\text{вх}}} = 1,7.$$

Площу вхідного патрубка визначаємо за формулою (м^2)

$$F_{\text{вх}} = \frac{Q_{z2}}{\omega_{\text{вх}}}.$$

Площу вихідного патрубка визначаємо виходячи з вищезазначених співвідношень площ патрубків.

Діаметр вихідного патрубка визначаємо за формулою (м)

$$d_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{вих}}}{\pi}},$$

Відстань між вихідним патрубком і верхньою кришкою каплевловлювача (м):

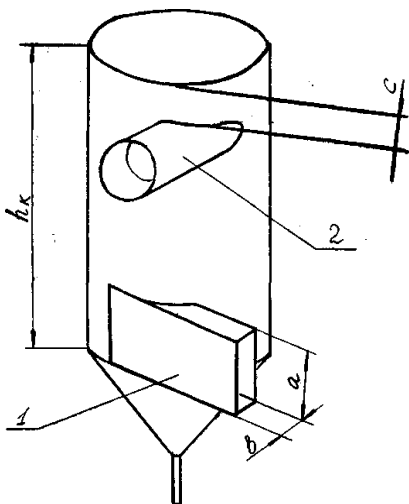
$$c = 0,1 d_{\text{капл}}$$


Рис. 2 – Розрахункова схема каплевловлювача:

1 – вхідний патрубок;

2 – вихідний патрубок;

$h_{\text{капл}}$ – висота каплевловлювача;

a, b – габарити вхідного патрубка;

c – відстань від вихідного патрубка до кришки каплевловлювача.

5. Розрахунок регулювальних характеристик труби Вентурі

Характеристика труби Вентурі представляє собою залежність гідравлічного опору труби Вентурі й ступеню очистки газів від витрати газу.

Для побудови графіку залежності виконують попередні розрахунки:

Задають ряд значень витрати газу в межах (0,5-2) Q_{z1} . Прийmemo наступні значення $0,5 Q_{z1}$, Q_{z1} , $1,5 Q_{z1}$, а також $0,5\omega_z$, ω_z , $1,5 \omega_z$.

Для кожної витрати визначають значення гідравлічного опору й ступеню очистки газів у трубi Вентурі.

Гідравлічний опір труби Вентурі визначають за формулою:

$$\Delta P_{TB}' = \Delta P_z + \Delta P_v.$$

Долю гідравлічного опору, обумовлену рухом газів, визначаемо наступним чином:

$$\Delta P_z = \xi_z \cdot \rho_{z2} \cdot \frac{\omega_z^2}{2} ,$$

Долю гідравлічного опору, обумовлену введенням зрошувальної рідини, визначаемо за формулою:

$$\Delta P_v = \xi_v \cdot \rho_v \cdot \frac{Q_v}{Q_{z1}} \cdot \frac{\omega_z^2}{2} .$$

Оскільки в формулах присутні показники, що не залежать від витрати газу, зробимо наступну заміну:

$$C_1 = \xi_z \cdot \frac{\rho_{z2}}{2} , \quad C_2 = \xi_v \cdot \rho_v \cdot \frac{Q_v}{2} .$$

Підставляючи отримані коефіцієнти в формулу $\Delta P_{TB}'$, маємо

$$\Delta P_{TB}' = C_1 \omega_z^2 + C_2 \frac{\omega_z^2}{Q_{z1}} .$$

Розраховуємо гідравлічний опір у трьох точках. Маючи ці дані, можна побудувати першу частину графіка – залежність гідравлічного опору труби Вентурі від витрати газу.

Для того, щоб побудувати *залежність ступеню очистки від витрати газу*, визначаємо ступінь очистки в трьох точках, використовуючи значення $0,5 \omega_{ап}$, $\omega_{ап}$, $1,5 \omega_{ап}$, і відповідні значення $\Delta P_{ТВ}$.

Характеристику будують графічно в наступних координатах: вісь абсцис – об'ємна витрата газу, вісь ординат – значення гідравлічного опору труби Вентурі й ступеню очистки газів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Биргер М. И., Вальдберг А. Ю., Мягков Б. И. и др. Справочник по пыли и золоулавливанию;/ Под общ. ред. А. А. Русанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1983. – 312 с.
2. Старк С. Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. – М.: Металлургия, 1977. – 358 с.
3. Ужов В. Н., Вальдберг А. Ю., Мягков Б. И. и др. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 392 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи

на тему «**Розрахунок скрубера Вентури**»

з дисципліни «**Прикладна агроекологія**»

(для студентів 5 курсу (9 семестр) заочної форми навчання напрямів
0708 «Екологія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування»)

Укладачі **БЄКСТОВ** Володимир Єгорович,
ЛОМАКІНА Ольга Сергіївна,
ДМИТРЕНКО Тетяна Володимирівна

Редактор *З. М. Москаленко*

Комп'ютерне верстання *Ю. Ю. Конюшенко*

План 2010, поз. 50М

Підп. до друку 30.03.2010 р.

Формат 60x84/16

Друк на ризографі.

Ум.-друк. арк. 0,8

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.