

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ
ТЕМА ЗАНЯТТЯ: Розрахунок оборотної системи газоочистки
доменного цеху

Мета занять: закріпити навички роботи з нормативною літературою, пошуку розрахункових параметрів для проектування та розрахунку елементів оборотної системи газоочистки доменного цеху.

Завдання Скласти балансову схему оборотного циклу очистки стічних вод від газоочисток доменного виробництва та виконати розрахунок її елементів. Вихідні дані приведені в таблиці Б.1 додатку Б.

Методичні рекомендації

Розрахункова витрата оборотної води в системі водопостачання кожного виробництва визначається за формулою:

$$Q_p = \frac{n_v \cdot N \cdot K_{год}}{T}, \quad (26)$$

де n_v - норма водоспоживання (кількість води на одиницю продукції), м³/т;

$K_{год}$ - коефіцієнт годинної нерівномірності

T - кількість годин роботи виробництва за рік, год

Втрати води в оборотному циклі:

$$P_{вит} = P_1 + P_2 + P_3. \quad (27)$$

де P_1 і P_2 – безповоротні втрати оборотної води при охолодженні на випаровування і винос вітром, %;

P_3 – величина продувки, %.

Втрати води в охолоджувачі залежать від типу охолоджувача, кліматичних умов, температур води на вході й виході з цеху і категорії водоспоживача.

Втрати води на випаровування в градирнях, % :

$$P_{вит} = 1,6 \cdot x \cdot \Delta t, \quad (28)$$

де x – частка теплоти, що віддається охолоджуючою водою, за рахунок її випаровування в градирні (влітку 1,0, взимку – 0,5, весною і восени – 0,75);

Δt – зниження температури в градирні.

Втрати води з краплинним винесенням вітром залежать від типу охолоджувача. Для вентиляторних градирень ці втрати складають 0,2-0,5 % від витрати оборотної води, для баштових градирень – 0,5-1 %.

Позначимо кількість води, що знаходиться в обороті $Q_{об}$, м³/год, тоді

$$q_d = \frac{P_d \cdot Q_{об}}{100}; q_1 = \frac{P_1 \cdot Q_{об}}{100}; q_{пр} = \frac{P_3 \cdot Q_{об}}{100} \quad (29)$$

Горизонтальні відстійники

Площа зони осадження, m^2 , приймається залежно від питомого гідравлічного навантаження:

$$F = \frac{Q}{q} \quad (30)$$

Довжина відстійника

$$L = V_{cp} \cdot t, \quad (31)$$

де V_{cp} - середня швидкість руху води, приймається 5-10 мм/с;

t - час перебування води у відстійнику:

$$t = \frac{H}{u_0} \quad (32)$$

де H - глибина проточної частини, 1,5-4 м;

u_0 - гідравлічна крупність зважених речовин, мм/с.

Ширина відстійника:

$$B = \frac{Q}{V_{cp} \cdot H} \quad (33)$$

Ширина однієї секції приймається в межах 3-6 м, в окремих випадках 9 м в залежності від способу видалення осаду.

Радіальні відстійники

Найбільшого розповсюдження при очищенні стічних вод металургійних виробництв набули відстійники діаметром 30 м з камерою флокуляції конструкції НВО «Енергосталь». Камера флокуляції має діаметр 10 м і розташована в центрі відстійника. Наявність камери флокуляції дозволяє збільшити гідравлічне навантаження в порівнянні із звичайними відстійниками.

Площа зони осадження радіальних відстійників, m^2 :

$$F = \frac{Q}{q_{нит}} \quad (34)$$

Площа осадження одного відстійника:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \quad (35)$$

де D, d – діаметр відстійника та флокулятора відповідно, м.

Число відстійників

$$n = \frac{F}{f_1}. \quad (36)$$

Відкриті гідроциклони і флокулятори

Відкриті гідроциклони доцільно застосовувати для очистки порівняно невеликої кількості стічних вод, що мають високу концентрацію суспензії та флокуляційні властивості.

Питоме гідравлічне навантаження для відкритих гідроциклонів визначається за формулою, м³/м² год:

$$q = 3.6 \cdot u_0. \quad (37)$$

Апарат працює без коагуляції та флокуляції за допомогою реагентів. Площа одного гідро циклона:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (38)$$

Продуктивність одного апарату, м³/год:

$$Q_1 = q \cdot F. \quad (39)$$

Кількість споруд

$$n = \frac{Q}{Q_1}. \quad (40)$$

Порядок розрахунку флокуляторів наступний:

1) визначається витрата води на один апарат

$$Q_1 = q_{nut} \cdot S_{\phi}, \quad (41)$$

де q_{nut} – питоме гідравлічне навантаження на один апарат, м³/м² год;

S_{ϕ} – площа флокулятора, приймається $S_{\phi} = 113 \text{ м}^2$.

2) визначається кількість апаратів;

Об'єм камери флокуляції:

$$W_k = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\phi}^2 - D_k^2) \cdot H, \quad (42)$$

де D_{ϕ} – діаметр флокулятора, $D_{\phi} = 12 \text{ м}$;

D_k – діаметр камери, $D_k = 10,6 \text{ м}$;

H – висота флокулятора, $H = 10 \text{ м}$.

3) Об'єм зони відстиювання:

$$W_{відст} = \frac{\pi \cdot D_K^2}{4} \cdot H. \quad (43)$$

Розрахунок охолоджувачів

Площа зрошування вентиляторних градирень із зрошувачем бризкального типу або краплинними зрошувачем визначається за формулою:

$$F_{зр} = \frac{Q \cdot (t_1 - t_2) \cdot \sqrt{t_1 - t_2} \cdot 10^3}{K \cdot (V_g \cdot \rho)^{0.625} \cdot (t_1 - \tau)^{1.95}}, \quad (44)$$

де Q – витрата охолоджуваної води, м³/год;

$t_1 - t_2$ – температура відповідно охолоджуваної і охолодженої води, °С;

K – коефіцієнт, який залежить від типу зрошувача, температури повітря за вологим термометром, ширини зони охолоджування і тиску води перед соплами, визначається за таблицею Б.2 (додаток Б);

V_g – швидкість руху повітря через зрошувач, м/с;

ρ – щільність зовнішнього повітря залежно від температури за сухим термометром і його відносною вологістю, кг/м³;

τ – температура повітря за вологим термометром, приймається за таблицею Б.5 (додаток Б).

Приклад розв'язання завдання

Вихідні дані:

1	Річна продуктивність	0,8*10 ⁶ м ³ доменного газу
2	Норма споживання	8 м ³ /1000 м ³ газу
3	Кількість годин роботи за рік	8760
4	Вологовміст доменного газу при $t = 55^\circ C$	120г/м ³
5	Втрати води у відстійниках	0,5%
6	Температура води перед градирнею	55 °С
7	Температура води після градирні	35 °С
8	Втрата води на градирні (з бризками)	0,25%
9	Втрати води на градирне випаровування	3%
10	Коефіцієнт випаровування оборотної води $K_{вип}$	2,4

11	Продуктивність скрубера по газу	100000нм ³ /год
12	Діаметр радіального відстійника	24 м
13	Час перебування в приймальній камері	5 хвилин

Розрахункова втрата оборотної води в системі водопостачання визначається за формулою (26).

Годинна продуктивність по газу :

$$Q_p = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 4000}{8760} = 365297, \text{ м}^3/\text{год.}$$

Годинна витрата оборотної води

$$Q_p = \frac{365297 \cdot 8 \cdot 1,05}{10000} = 3068,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Втрати води з охолодженням газом

$$Q = 365297 \cdot 0,12 = 438335 \text{ кг/год} = 43,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

У приймальну камеру і на радіальні відстійники надходить витрата води:

$$Q = 3068,5 - 43,8 = 3024,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Втрати води на очисних спорудах приймаються 0,5 % від розрахункової витрати оборотної води. Таким чином, втрати зі шламом складуть:

$$Q = \frac{3024,7 \cdot 0,5}{100} = 15 \text{ м}^3/\text{год.}$$

На градирню надходить вода з витратою:

$$Q = 3024,7 - 15 = 3009,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Далі вибирається тип охолоджувача. Для споживачів в Луганській області розрахункова температура повітря за вологим термометром $\tau = 18,8^\circ\text{C}$ за таблицею Б.5 (додаток Б). Необхідна різниця температури охолодженої води t_2 і $\tau = 18,8^\circ\text{C}$ складе $t_2 - \tau = 35 - 18,8 = 16,2^\circ\text{C}$. Таку різницю температур можуть забезпечити тільки вентиляторні градирні (таблиця додатку Б.3). При температурі повітря за сухим термометром $30,1^\circ\text{C}$ (таблиця додатку Б.2) коефіцієнт випаровування $K_{вин}$ дорівнює 0,0015.

Втрати води на випаровування на градирні:

$$Q_{вин} = 302407 \cdot (55 - 35) \cdot 0,0015 = 90,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для вентиляторної градирні з водовловлювачем втрати води на віднесення вітром приймаються P_2 0,2 %. Тоді втрати на градирні через краплинне віднесення вітром:

$$Q_{кр.вин.} = \frac{3024,7 \cdot 0,2}{100} = 6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Кількість продувки визначається, виходячи із заданого коефіцієнта випаровування:

$$K_{вип} = \frac{Q_{вип} + Q_{кр.вин.} + Q_{прод} + Q_{інше}}{Q_{кр.вин.} + Q_{прод} + Q_{інше}}, \quad (45)$$

де $Q_{вип}$, $Q_{кр.вин.}$, $Q_{прод}$, $Q_{інше}$ – втрати відповідно на випаровування, через краплинне віднесення вітром, з продувкою та інші втрати води зі шламом на очисних спорудах та з інших причин, $\text{м}^3/\text{год.}$

Необхідна кількість продувки

$$Q_{прод} = \frac{Q_{вип} + (Q_{кр.вин.} + Q_{інше}) \cdot (1 - K_{вип})}{K_{вип} - 1}, \quad (46)$$

$$Q_{прод} = \frac{(90,7 + 43,8) + (6 + 15) \cdot (1 - 2,4)}{2,4 - 1} = 75 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При розрахунку треба враховувати втрати води із шламом. Сумарні втрати води при охолодженні

$$Q_{прод} = 90,7 + 43,8 + 15 + 6 + 75 = 230,5 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, треба додати свіжої води 230,5 $\text{м}^3/\text{год.}$ За результатами розрахунку складається балансова схема (рис.6).

Кількість скруберів

$$N_{скр} = \frac{365296,8}{100000} = 3,6 \text{ шт.}$$

Приймаємо 4 скрубери.

Площа осадження радіальних відстійників

$$F = \frac{Q}{q_{нит}} = \frac{30024,7}{3,2} = 945,2 \text{ м}^2/\text{год.}$$

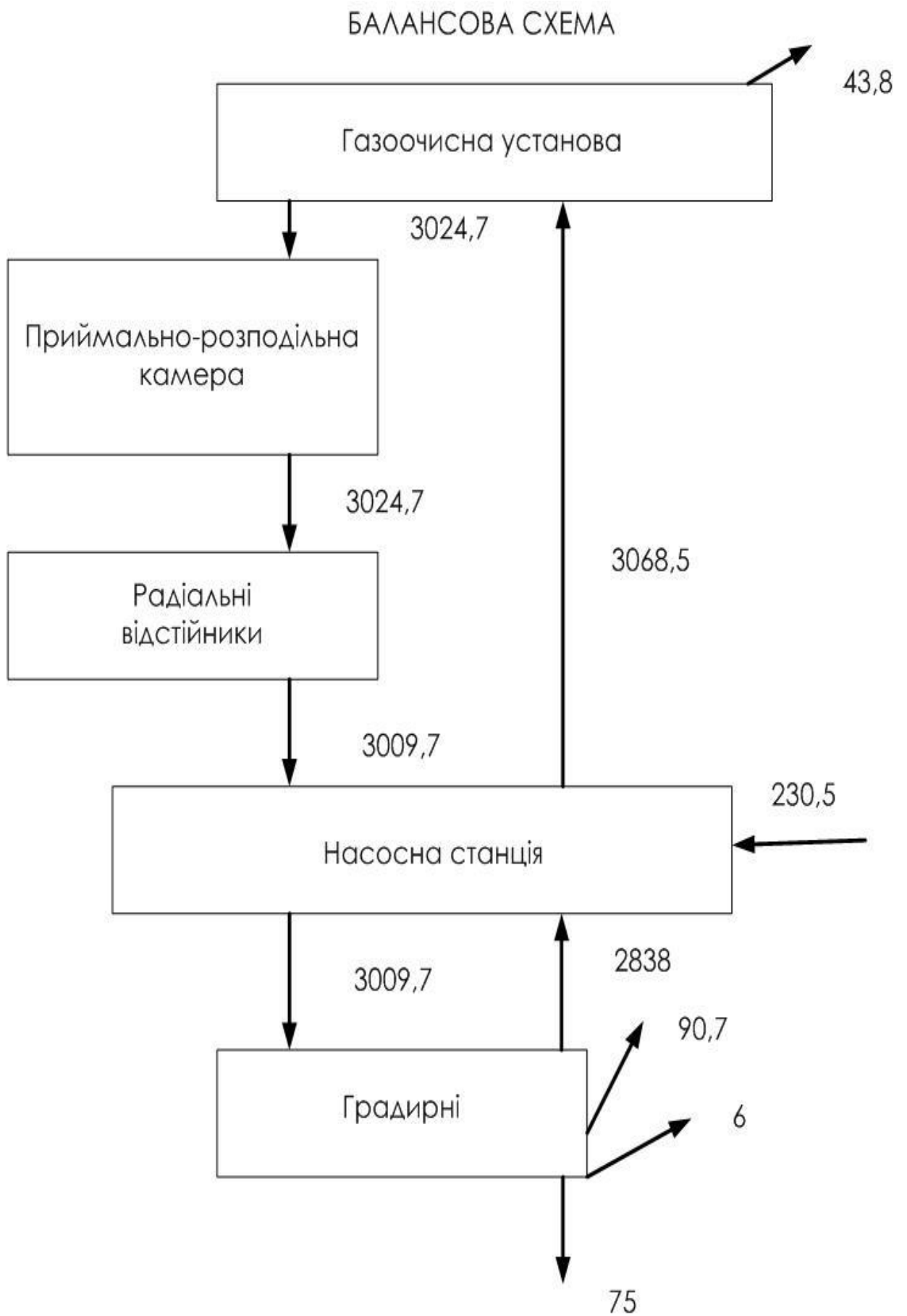


Рисунок 6. Балансова схема

Приймається типовий радіальний відстійник діаметром $D=24$ м. Площа зони осадження одного відстійника

$$F_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 24^2}{4} = 452 \text{ м}^2.$$

Кількість відстійників

$$N = \frac{945.2}{452} = 2 \text{ шт.}$$

Об'єм приймально-розподільної камери

$$V = \frac{3024.7 \cdot 5}{60} = 252 \text{ м}^3.$$

При типовій глибині 5 м площа дзеркала води

$$f = \frac{252}{5} = 50.4 \text{ м}^2.$$

Геометричні розміри камери приймаються довільно: наприклад, $\frac{50.4 \text{ м}^2}{4} = 12.6 \text{ м}^2$, тобто двохсекційна камера з розміром секції у плані 2×3 м.

Площа вентиляторних градирень із зрошувачем бризкального типу

$$F_{zp} = \frac{3009.7 \cdot 20 \cdot \sqrt{20} \cdot 10^3}{327 \cdot (2 \cdot 1.17)^{0.625} \cdot (55 - 18.8)^{1.95}} = 442 \text{ м}^2.$$

Кількість градирень визначається за необхідною площею зрошування F_{zp} та площею зрошування однієї типової градирні (секції F_1):

$$N = \frac{F_{zp}}{F_1} = \frac{442}{144} = 3 \text{ шт.}$$

Таким чином, втрати оборотної води $230,5 \text{ м}^3/\text{год}$, що відповідає кількості свіжої води для підживлення, кількість радіальних відстійників $D=24$ м-2шт., вентиляторних градирень - 3 секції.

Питання до самоконтролю

1. В чому полягає особливість очистки води, що не підлягає термічному впливу?
2. В чому полягає особливість очистки води, що підлягає термічному впливу?
3. Від яких факторів залежить норма водовідведення для виробництва однакової продукції?
4. В чому полягає особливість очистки стічної води з газоочисток доменних печей?

5. Як утворюються продув очні води?
6. Які види стічних вод утворюються у доменному виробництві?
7. Як здійснюється очистка газів доменних печей?
8. Як складається балансова схема?

Додаток Б

Таблиця Б.1 - Вихідні дані для виконання розрахункової частини

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
Продуктивність цеха за рік, т	$1,4 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$0,9 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$
Норма водоспоживання, м ³ на 1000 м ³ газу	10	8	5,7	6	10,3
Кількість годин роботи за рік,	8760	8472	8472	8472	8760
Коефіцієнт годинної нерівномірності	1,05	1,0	1,05	1,0	1,05
Влаговміст доменного газу при t=55°C, г/м ³	120	120	120	120	120
Втрати води в процесі очистки,	0,5	0,5	0,5	0,5	0
Втрати води з бризговиносом на градирні, %	0,2	0,25	0,2	0,2	0,25
Температура нагрітої води,	42	45	50	48	4
Температура охолодженої води,	30	30	35	34	3
Коефіцієнт випаровування K _{вип}	2,2	3,0	1,4	2,0	2
Виробничість скрубера по газу, м ³ /год.	120 тис.	90 тис.	150 тис.	80 тис.	66 тис.
Апарат для очистки стічних вод	Флокулятор d = 12	радіальний відстійник d = 24	радіальний відстійник d = 30	радіальний відстійник d = 24	Флокулятор d = 12

Таблиця Б.2 - Коефіцієнти K_{вип} для градирень

Температура повітря за сухим термометром, °C	0	10	20	30	40
K _{вип}	0,001	0,0012	0,0014	0,0015	0,0016

Таблиця Б.3 - Рекомендовані області застосування охолоджувачів

Охолоджувач	Область застосування охолоджувача води		
	Питоме теплове навантаження тис ккал/м ² /год	Перепад температур води,	Різниця температури охолодженої води та температури атмосферного
Вентиляторні градирні	80-100 и вище	3-20	4-5
Баштові градирні	60-100	5-15	8-10
Бризкальні басейни	5-20	5-10	10-12
Водосховища-охолоджувачі	0,2-0,4	5-10	6-8
Радіаторні (сухі) градирні	-	5-10	25-30
Відкриті та бризкальні	7-15	5-10	10-12

Примітка: Показники в таблиці надані для води, що надходить на охолоджувач з температурою <40°C.

Таблиця Б.4 - Значення коефіцієнта К для вентиляторних градирень з краплинним зрошувачем або зрошувачем бризкального типу

Напір води перед соплом, м	Температура повітря за вологим термометром, °C							
	15	16	17	18	19	20	21	22
<i>t = 5°C</i>								
4,5	442/395	461/408	485/422	506/436	528/450	549/466	570/485	592/505
3,5	420/380	441/392	461/406	481/419	502/433	522/448	543/467	563/486
2	388/358	407/369	426/381	445/493	464/407	483/422	502/439	521/458
<i>t = 10°C</i>								
4,5	404/367	423/374	442/386	461/398	480/410	499/425	518/441	537/458
3,5	384/347	403/338	421/379	438/394	457/410	475/410	493/425	511/442
2	355/325	372/355	389/347	504/358	422/371	439/386	456/399	473/418
<i>t = 15°C</i>								
4,5	363/324	380/335	397/346	414/357	432/370	450/384	457/398	484/417
3,5	344/311	361/321	377/332	394/343	411/355	428/369	448/383	461/402
2	316/291	322/301	348/311	364/322	379/333	395/346	410/360	426/379
<i>t = 20°C</i>								
4,5	317/283	334/293	351/305	368/317	386/330	404/343	421	348/370

3,5	298/258	315/275	331/287	348/299	365/312	382/327	398	415/358
2	270/245	286/256	302/268	318/280	333/293	349/397	364	380/338

Таблиця Б.5 - Параметри атмосферного повітря

Пункти спостереження	Забезпеченість параметрів атмосферного повітря, %								
	1			5			10		
		П			П			П	
Андрушівка	30,4	52	23,2	28,8	55	22,4	27,8	56	21,6
Галич	26,8	48	19,6	24,0	52	17,8	22,7	56	17,3
Ізмаїл	22,0	63	17,6	20,5	68	16,9	19,7	71	16,5
Київ	26,8	43	18,7	24,6	51	18,2	23,4	55	17,8
Калуш	28,0	55	21,6	26,5	57	20,6	25,5	59	20,1
Кропивницький	24,4	55	18,6	22,5	61	17,8	21,4	64	17,2
Любомль	26,0	56	20,1	23,2	60	18,3	21,7	63	17,4
Луганськ	30,1	30	18,8	27,0	37	17,8	25,7	44	18,0
Миргород	27,0	55	20,8	24,5	57	19,0	22,9	59	17,9
Носівка	25,4	54	19,3	23,3	59	18,2	22,0	63	17,6
Олевськ	27,4	44	19,4	24,1	50	17,6	22,5	55	17,0
Сарни	25,8	49	18,8	23,2	57	17,8	21,5	62	17,0
Токмак	31,2	37	21,0	29,4	38	19,8	28,6	40	19,6
Тернопіль	25,5	56	19,6	23,1	60	18,2	21,6	63	17,3
Ужгород	27,6	44	19,5	25,3	48	18,3	23,8	53	17,8
Харків	28,5	38	19,2	26,4	45	18,8	24,9	52	18,6

Таблиця Б.6 - Типи вентиляторних градирень

Площа секції, м ²	Розмір однієї секції,	Вид зрошувача	Висота зрошувача, м	Т ип вентилятор	Подача повітря вентилятором	Номер проєкта
16	4 · 4	плівковий	3,81	2ВГ-25	140	901-6-56
		краплинний	3,86		110	
		бризкальний	2,50		140	
16	4 · 4	плівковий	3,42	2ВГ-25	140	901-6-59
		краплинний	3,60		110	
		бризкальний	3,40		135	
24	4 · 6	бризкальний	1,76	3ВГ-25	180	901-6-67.83
64	8 · 8	плівковий	3,36	ИВГ-50	585	901-6-51
		краплинний	3,48		490	
		бризкальний	3,00		570	
64	8 · 8	плівковий	3,68	ИВГ-50	580	901-6-29
		краплинний	3,68		465	
		бризкальний	3,80		550	
144	12 · 12	плівковий	3,36	2ВГ-70	1290	901-6-48

192	12·16	брызкальный	2,00	2ВГ-70	1425	901-6-62
192	12·16	краплинный	3,67	2ВГ-70	1130	901-6-61
192	12·16	краплинный	3,80	2ВГ-70	1240	901-6-43