

Міністерство освіти і науки України



Державний біотехнологічний університет

Методичні вказівки

до практичного заняття

Розрахунок системи вентиляції і підбір її складових

за курсом «Кондиціювання та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв»

Для студентів денної та заочної форми навчання

Затверджено
на засіданні кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв
Протокол №18 від 27.04.2023р.

Затверджено
на засіданні методичної ради факультету мехатроніки та інжинірингу
Протокол №4 від 04.05.2023р.

Харків – 2023

О.В.Богомолів, П.В. Гурський, С.Г.Іващенко

Розрахунок системи вентиляції і підбір її складових:
Методичні вказівки до виконання практичного заняття з
навчального курсу: Кондиціонування та холодозабезпечення
переробних і харчових виробництв. – Х.: ДБТУ, 2023. – 20 с.

Рецензенти:

Михайлов В.М. доктор технічних наук, професор, проректор з
наукової роботи (Державний біотехнологічний
університет)

Потапов В.О. доктор технічних наук, професор кафедри
«Холодильна і торгівельна техніка» (Державний
біотехнологічний університет)

Методичні рекомендації призначені для допомоги студентам
денної та заочної форми навчання при виконанні практичного
заняття на тему: Сутність вентиляції та кондиціонування повітря.
Основні розрахунки.

© Гурський П.В., Богомолів
О.В., С.Г.Іващенко, 2023

© Державний біотехнологічний
університет, 2023

Практична робота №6

Тема: Розрахунок системи вентиляції та підбір її складових.

Мета: Набути навички в проектуванні систем вентиляції.

Теоретичні відомості

Розрахунок повітрообміну.

Існує два основних методи визначення кількості повітря, необхідного для вентиляції приміщень: за кратністю повітрообміну, за кількістю шкідливих речовин, що виділяються. Іноді кількість повітря визначають за нормою на одну працюючу людину за годину. Наприклад, при об'ємі приміщення на одного працюючого 20 м^3 норма подачі повітря складає 30 м^3 на одну людину.

Кратність повітрообміну має розмірність $1/\text{год}$, або год^{-1} , і показує, скільки разів за одну годину відбувається зміна повітря по об'єму всього приміщення. Наприклад, при об'ємі приміщення $V = 15000 \text{ м}^3$ і кратності повітрообміну $m = 2$ треба протягом однієї години подати в приміщення або видалити з нього $30\,000 \text{ м}^3$ повітря, тобто повітрообмін L ($\text{м}^3/\text{год}$) визначають за формулою:

$$L = mV \quad (1)$$

де m – кратність повітрообміну;

V – об'єм приміщення, м^3

Кількість повітря по кратності і по нормі на одну людину визначають для побутових, конторських та інших подібних приміщень. За кількістю виділення шкідливих речовин (пил, газ), визначають необхідну кількість повітря для виробничих приміщень, для чого складають розрахункову схему вентиляційної мережі (рис. 1).

Наприклад, для видалення газів визначають кількість повітря, що необхідне для розбавлення їх до припустимих концентрацій.

Розрахунок фільтра.

Фільтри поділяють за їх ефективністю на три класи в залежності від розмірів пилових часток (табл. 1), які вони затримують.

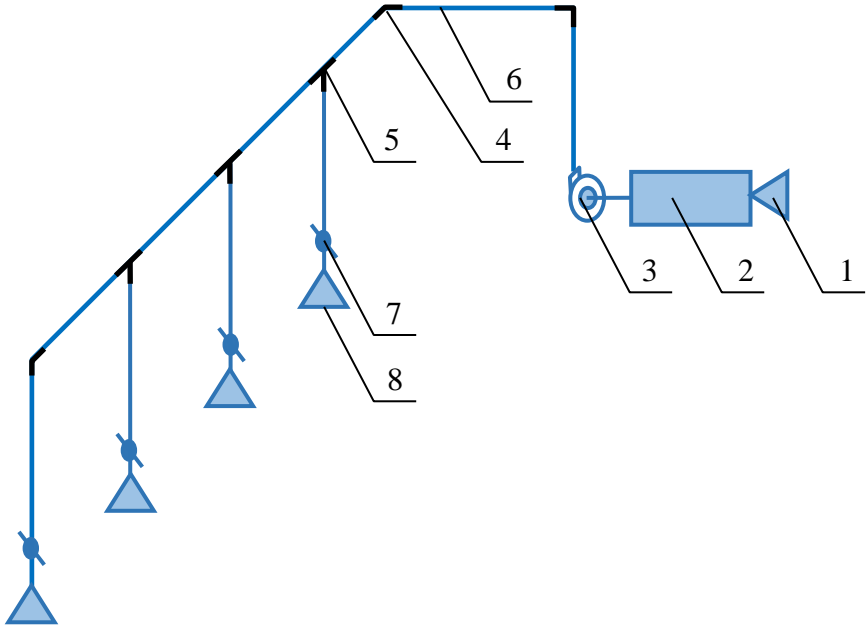


Рис. 1. Схема приточної вентиляційної мережі промислового приміщення заводу:

1 – повітрязабірний пристрій; 2 – фільтр усмоктувальний;
 3 – вентилятор; 4 – відвід прямий; 5 – трійник нагнітальний;
 6 – повітропровід; 7 – заслінки; 8 – повітророзподільник.

Таблиця 1

Ефективність фільтрів

Клас фільтра	Розміри пилових часток, мкм	Ефективність, %
1	до 1	99
2	від 1 до 10	85
3	від 10 до 50	60

Ефективність фільтра ε (%) визначають за формулою:

$$\varepsilon = \frac{g_n - g_k}{g_n} \cdot 100, \quad (2)$$

де g_n , g_k – відповідно початковий (перед фільтром) і кінцевий (після фільтра) вміст пилу в повітрі, мг/м³.

Найбільш часто застосовують масляні фільтри (самоочисні КДМ-1006А и КДМ-2006 і фільтри з кільцями Рашига) і сухі пористі волокнисті.

Розрахунок калорифера.

Розрахунок та підбір калориферів (табл. 2) проводять, виходячи з витрат тепла, необхідного на нагрівання повітря, і площі поверхні нагрівання калорифера.

Таблиця 2

Характеристика калорифера

Тип калорифера	Теплопередавальна поверхня, м ²
КСк4-1-01	9,40
КСк4-6-01	12,60
КСк4-8-01	18,80
КСк4-12-01	91,86
КСк2-12-01	61,2
КВС8-ІІ	16,92
КВБ9-ІІ	26,00
КВС10-ІІ	25,08
КВБ12-ІІ	143,50

Витрати тепла Q (кДж/год) при нагріванні повітря визначають за формулою:

$$Q = L\rho c(t_k - t_n), \quad (3)$$

де L – витрати повітря, м³/с;

ρ – густина повітря, кг/м³;

c – питома масова теплоємність повітря, $c = 1000$ Дж/кг·К;

t_k – температура повітря на виході з калорифера, °С;

t_n – температура повітря при вході в калорифер, °С.

Площу поверхні нагрівання калорифера F (м²) визначають за формулою:

$$F = \frac{Q}{k\Delta t_{cp}}, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі калорифера ($k = 25...30$), що залежить від масової швидкості повітря в живому перетині калорифера, типу теплоносія і швидкості води в трубах калорифера, Вт/м²·К;

Δt_{cp} – середня різниця температур теплоносія і повітря, °С, якщо теплоносій – пара $\Delta t_{cp} = t_n - (t_k + t_n)/2$;

t_n – температура насиченої пари в залежності від тиску (табл. 3), °С.

Таблиця 3.

Значення температур насиченої пари

Абсолютний тиск пари, 1×10^3 Па	Температура пари, °С
10	99,1
110	101,8
120	104,2
130	106,6
140	108,7
150	110,8

Розрахунок повітроводів.

Металеві повітроводи проектують, виготовляють і монтують відповідно до інструкції ВСН 353-75 і «Тимчасовою нормаллю на металеві повітроводи круглого перетину для систем аспірації» з максимальною індустріалізацією робіт з уніфікованих деталей. Повітроводи круглого перетину прийняті наступних зовнішніх діаметрів: 100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1600, 1800 і 2000 мм.

Повітроводи прямокутного перетину приймаються відповідно до інструкції ВСН 352-75 зі співвідношенням сторін перетину не більше 2:1.

Розрахунок повітроводів зводиться до визначення площі перетину F (m^2) за формулою:

$$F = \frac{L}{3600v}, \quad (5)$$

де L – витрати повітря на ділянці, $m^3/\text{год}$;

v – припустима швидкість повітря на ділянці, m/c .

У системах природної вентиляції швидкість повітря приймають у межах $0,5...1$ m/c – у каналах і ґратах; $1...1,5$ m/c – у приточних і витяжних шахтах. При цьому сума втрат тиску на подолання тертя і місцевих опорів не повинна перевищувати величину природного перепаду тисків. У системах з примусовою дією оптимальна швидкість повітря у повітроводах знаходиться у межах $4...12$ m/c .

Окремі ділянки, з яких складається будь-яка мережа повітроводів, характеризуються наступними постійними величинами: перетином повітроводу, витратою і швидкістю руху повітря. Чим менше витрата повітря на даній ділянці, тим меншу швидкість руху повітря приймають при визначенні площі перетину повітровода. Для визначення дійсної швидкості руху повітря у повітроводі розраховують діаметр повітроводу d (mm) в залежності від форми перетину.

Для повітровода, що має круглий перетин, діаметр повітровода d (u mm) визначають за формулою:

$$d = 1130 \sqrt{\frac{L}{v}}, \quad (6)$$

де L – витрати повітря, m^3/c .

Отримане розрахункове значення d округляють до найближчого стандартного діаметру і визначають дійсну швидкість повітря при цьому діаметрі.

Для повітроводу, що має прямокутний перетин, еквівалентний діаметр $d_{екв}$ (мм) визначають за формулою:

$$d_{екв} = \frac{2ab}{a+b}, \quad (7)$$

де a і b – сторони прямокутного повітроводу, мм.

Втрати тертя на одиницю довжини будуть такі ж, як і у повітроводі круглого перетину при збереженні тієї ж швидкості руху повітря.

Після округлення значень діаметрів до стандартних визначають втрати тиску на подолання опору тертя і місцевих опорів.

Опір тертю або втрати тиску на тертя P_{mp} (Па) визначають за формулою:

$$P_{mp} = \frac{\lambda l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \quad (8)$$

де λ – коефіцієнт тертя для металевих повітроводів (0,03); для неметалічних повітроводів λ приймають по довідкових таблицях;

l – довжина ділянки повітровода, м;

d – діаметр повітровода, мм;

ρ – густина повітря, кг/м³;

$\rho v^2/2$ – динамічний тиск, Па.

Місцевими опорами називають фасонні частини повітроводів і вентиляційні пристрої, у яких мають місце втрати тиску при вихороутворюваннях і перерозподілі швидкостей або зміні напрямку потоку повітря. Відношення втрат тиску в місцевих опорах до динамічного тиску в даному перетині повітровода називається коефіцієнтом місцевого опору (табл. 4).

Таблиця 4.

Значення коефіцієнта місцевого опору

Найменування місцевих опорів	ξ
Пряме коліно під кутом 90°	1,2
Вільний вихід з каналу	1,0
Плавне звужування каналу	0,2...0,4
Трійник під кутом 90° при нагнітанні	
основний	0,1
відгалуження	1,5...2,0
Трійник під кутом 90° при всмоктуванні	
основний	2,0...4,0
відгалуження	1,0
Дифузор після вентилятора	0,4
Повітророзподільник пристінний	1,4

$$\xi = P_{m.o.} \rho v^2, \quad (9)$$

Отже, втрати тиску в місцевих опорах $P_{m.o.}$ (Па) можна розрахувати за формулою:

$$P_{m.o.} = \sum \frac{\xi \rho v^2}{2}, \quad (10)$$

Загальні втрати тиску P (Па) у простому повітроводі визначаються як сума втрат тиску у всіх його ділянках:

$$P = \sum_1^n \frac{\left(\frac{l\lambda}{d} + \sum \xi\right) \rho v^2}{2}, \quad (11)$$

де n – число ділянок у мережі, од.

Для розрахунку втрат тиску в місцевих опорах швидкість руху повітря визначають у перетині ділянки повітроводу, що прилягає до місцевого опору, оскільки на цій ділянці повітря рухається з

більшою швидкістю. У калориферах, фільтрах та інших пристроях вентиляційної системи, через які проходить повітря, також мають місце втрати тиску на подолання місцевих опорів.

Значення коефіцієнта корисної дії (ККД) вентилятора при робочому режимі повинно бути не менше 0,85. Крім ККД, враховують умову безшумності роботи вентилятора, що залежить від призначення будинку. Наприклад, для допоміжних будинків і приміщень за цією умовою колова швидкість робочого колеса відцентрового вентилятора не повинна перевищувати 25 м/с, а для заводських клубів – 17 м/с, в осьових вентиляторах – відповідно не більше 35 і 25 м/с. Для зменшення шуму вентилятори приєднують до повітроводів за допомогою еластичних вставок і встановлюють на звукопоглинальні конструкції.

Вентилятори комплектують з електродвигунами в агрегати, що відповідають оптимальним техніко-економічним показникам. При цьому використовують електродвигуни наступних серій: А2 – захищеного виконання з чавунною станиною і щитами; АО2, АОЛ2 – захищеного виконання, що обдуваються, з чавунною станиною і щитами, АОЛ2 – захищеного виконання з алюмінієвою станиною і щитами. Частота обертання цих двигунів від 730 до 2850 хв⁻¹.

Для підбору вентилятора необхідно знати:

потужність на валу електродвигуна N (кВт) з урахуванням втрат у передачі, яка розраховується за формулою:

$$N = \frac{LP}{3600\eta_e\eta_n}, \quad (12)$$

де η_e – ККД вентилятора (вибирається за його характеристикою в додатку);

η_n – ККД передачі (клинопасової $\eta_n = 0,96$, безпосередньої – $\eta_n = 1$)

Таблиця 5.

Варіанти завдань для роботи

№ варіанту	Об'єм приміщення, м ³	Кратність повітрообміну	Густина повітря, кг/м ³	Температура, °С			Запиленість повітря, мг/м ³	
				вхідного повітря	вихідного повітря	пари	g_n	g_k
1	80	2	1,20	-11	+18	99	8	0,4
2	100	3	1,22	-12		101	7	0,5
3	120	2	1,25	-13		104	6	0,6
4	140	2	1,26	-14		106	5	0,3
5	160	3	1,28	-9		108	4	0,6
6	180	2	1,30	-10		110	3	0,5
7	200	3	1,32	-15		99	8	0,4
8	220	2	1,34	-16		101	5	0,3
9	240	3	1,36	-17		104	8	0,5
10	260	2	1,39	-18		106	4	0,4

Довжина прямих ділянок повітропроводу для всіх варіантів:

l_1 - 2м; l_2 - 2м; l_3 - 2м; l_4 - 1м; l_5 - 3м; l_6 - 3м; l_7 - 4м; l_8 - 3м

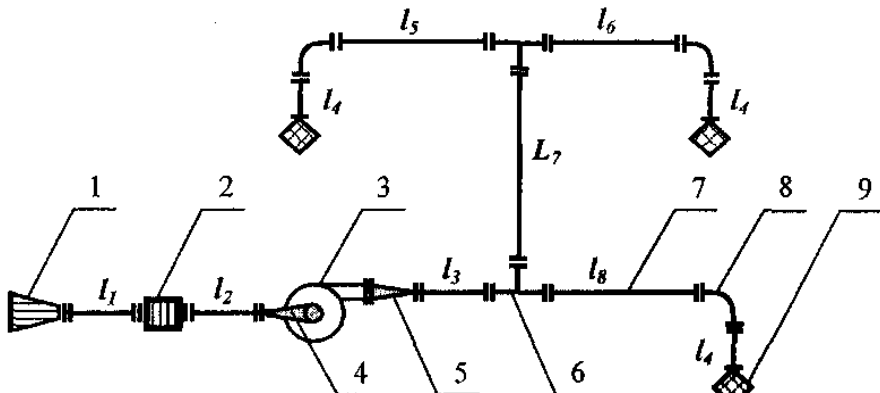


Рисунок 2 - Приточна система вентиляції (Варіанти - 1, 2, 7)

1-повітрязабірний пристрій; 2- калорифер; 3- вентилятор; 4- дифузор;
5- плавне звужування каналу; 6- трійник; 7- пряма ділянка повітропроводу; 8- пряме коліно; 9-повітророзподільник

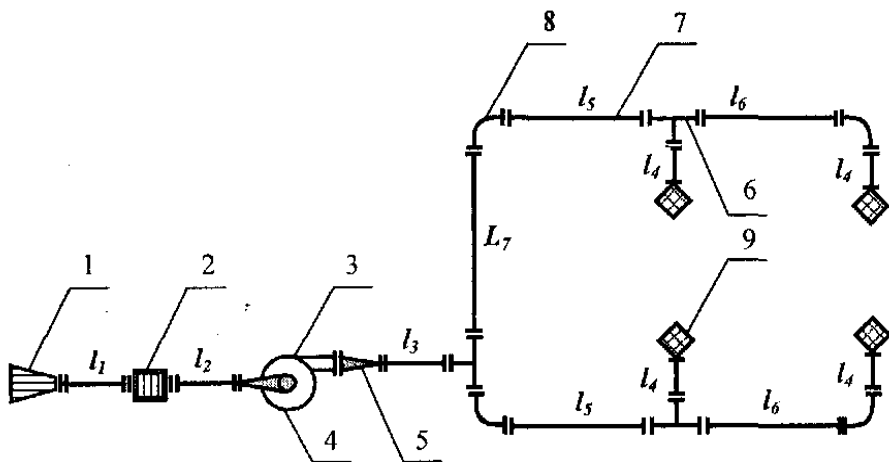


Рисунок 3 - Приточна система вентиляції (Варіанти - 3, 5, 9)
 1-повітрязабірний пристрій; 2- калорифер; 3- вентилятор; 4- дифузор;
 5- плавне звужування каналу; 6- трійник; 7- пряма ділянка
 повітропроводу; 8- праве коліно; 9-повітророзподільник

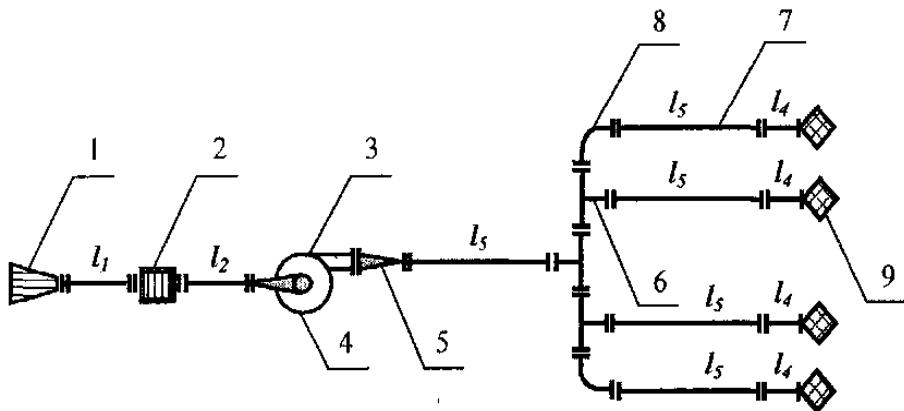


Рисунок 4 - Приточна система вентиляції (Варіанти - 4, 10)
 1 - повітрязабірний пристрій; 2 - калорифер; 3 - вентилятор; 4 -
 дифузор; 5- плавне звужування каналу; 6 - трійник; 7 - пряма ділянка
 повітропроводу; 8 - праве коліно; 9 -повітророзподільник

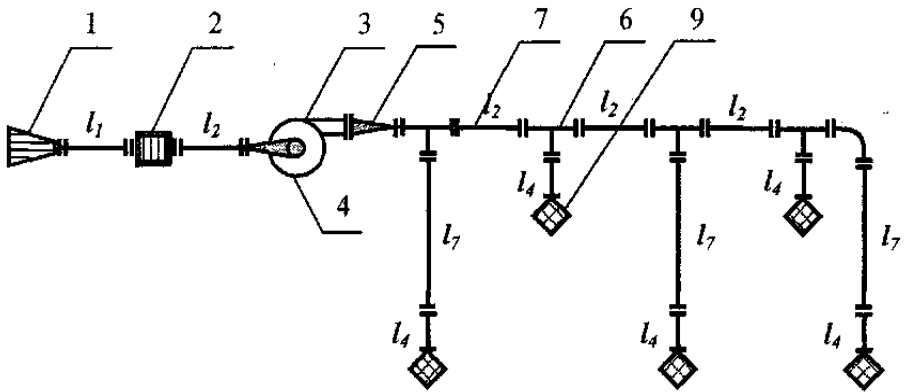


Рисунок 5 - Приточна система вентиляції (Варіанти - 6, 8)

1-повітрязабірний пристрій; 2- калорифер; 3- вентилятор; 4- дифузор;
 5- плавне звуження каналу; 6- трійник; 7- пряма дільниця повітропроводу; 8- праве коліно; 9-повітророзподільник

Установчу потужність електродвигуна N_y (κBm) визначають за формулою:

$$N_y = NK_3, \quad (13)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу потужності, що змінюється від 1,5 при потужності двигуна $0,5 \kappa Bm$ до 1,05 при потужності двигуна $5 \kappa Bm$ і більше.

Хід роботи

1. Вивчити дану інструкцію.
2. З таблиці варіантів вибрати вихідні дані.
3. Виконати схему системи вентиляції.
4. Визначити відсутні величини для розрахунків.
5. Виконати необхідні розрахунки системи вентиляції.
6. Заповнити таблицю даних складових системи вентиляції.

Форма звіту

Тема:

Мета:

Вихідні дані (вибір варіанту-таблиця 5)

Ескіз схеми вентиляції згідно з варіантом (рис. 2, 3, 4, 5).

Теоретичні розрахунки системи вентиляції.

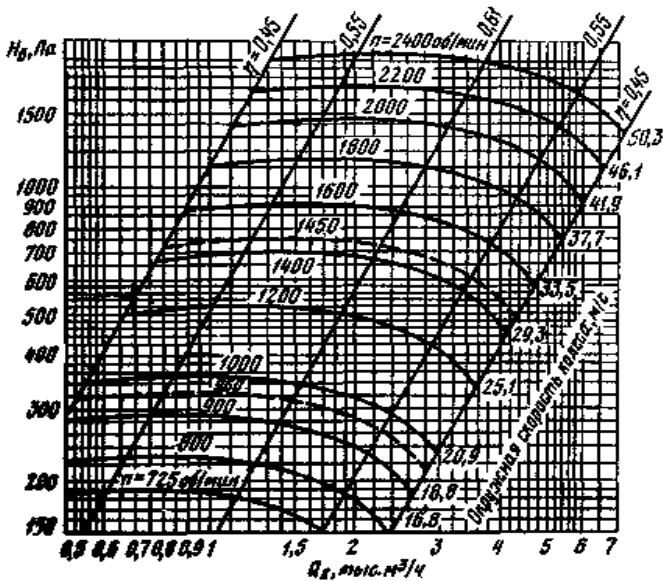
Висновки.

Висновки (таблиця даних складових системи вентиляції)

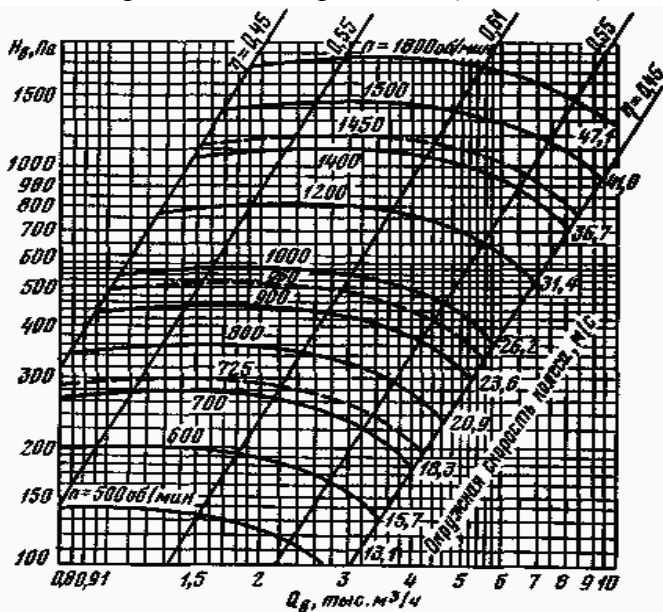
Найменування складових системи вентиляції	Характеристика						
	марка	N	n	η	F	ε	d
Вентилятор							
Калорифер							
Фільтр							
Повітровід							

Контрольні запитання.

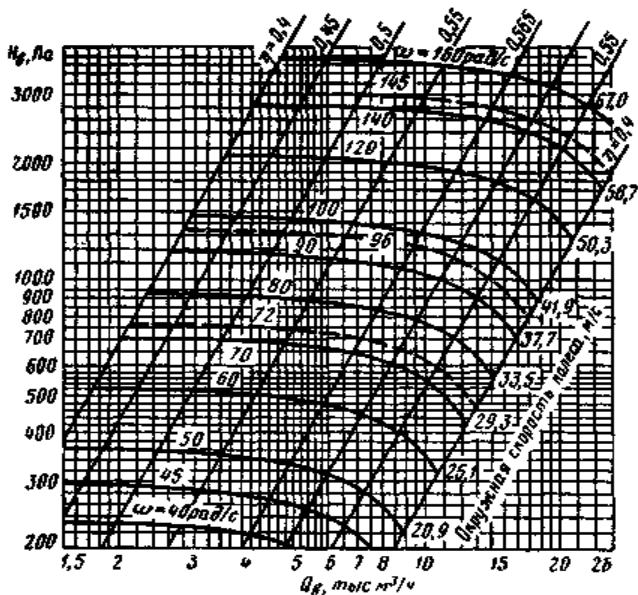
1. Які елементи входять у систему вентиляції повітря?
2. Що таке кратність повітрообміну?
3. Які бувають системи вентиляції?
4. У яких випадках застосовуються системи вентиляції з верхнім і нижнім відбором повітря?
5. Що для чого застосовується в системі вентиляції скрубери?
6. За якими параметрами підбираються вентилятори?
7. Як підбираються повітроводи?



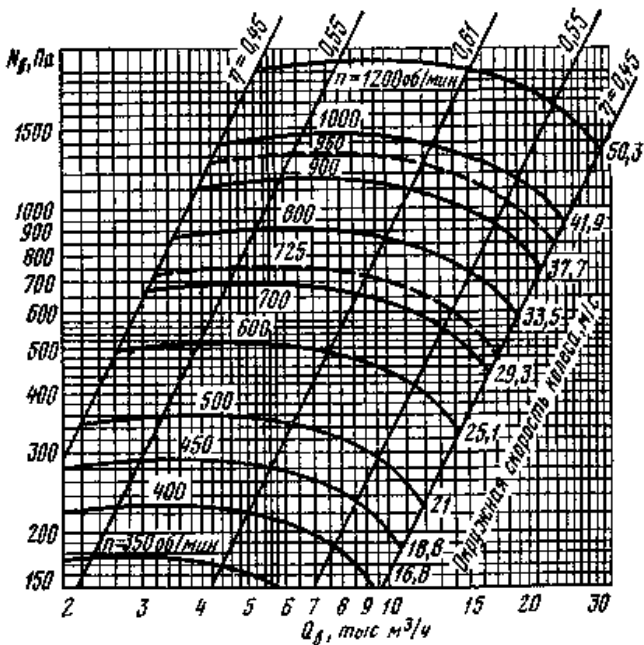
Номограмма вентилятора ВЦП-4 (ЦС-46 № 4)



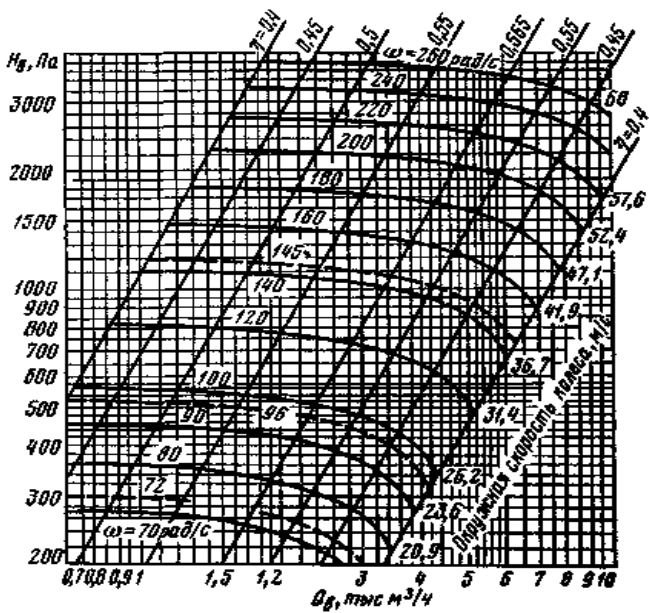
Номограмма вентилятора ВЦП-5 (ЦС-46 № 5)



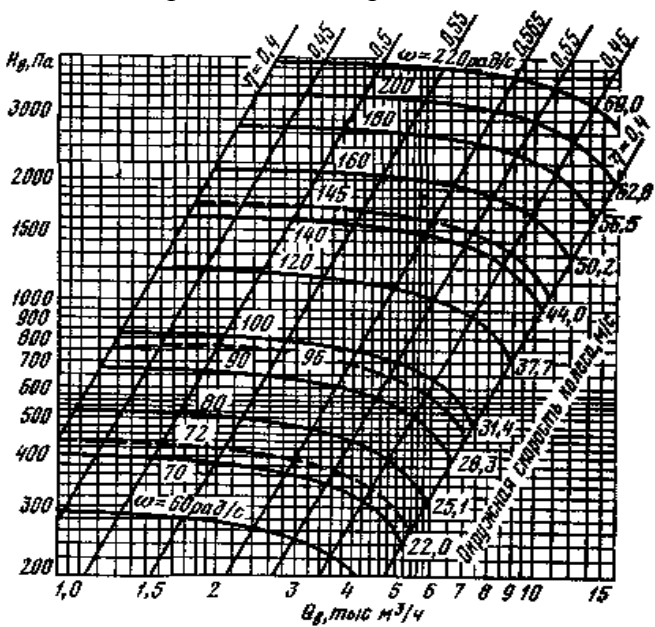
Номограмма вентилятора ЦП7-40 № 8



Номограмма вентилятора ВЦП-8 (Ц6-46 №8)



Номограмма вентилятора ЦП7-40 № 5



Номограмма вентилятора ЦП7-40 № 6

Література

1. Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв: Практикум /Гурський П.В., Богомолів О.В., Бредихін В.В. та ін./ Х.: ТОВ «Діса плюс», 2019. – 256 с
2. Кондиціонування та вентиляція повітря:Текст лекцій / Е. Г. Братута, А.М. Ганжа, О. В. Круглякова, В. В. Чубарова Харків : НТУ «ХПІ», 2009. –128 с.
3. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности. М.: АСВ, 2001. 564 с.
4. Еркин А.П., Коренев А.М., Харитонов В.П.. Устройство и эксплуатация холодильных установок, Пищевая промышленность. -М.: 1980. -310 с.
5. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование./под ред.проф. Б.М.Хрусталева –М.: АСВ, 2008. –784 с.
6. Воробьева Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие. В 2-х частях. Ч. 1 / Воробьева Н.Н.; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2006. - 164 с.
7. Воробьева Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие. В 2-х частях. Ч. 2 / Воробьева Н.Н.; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2006. - 104 с.
8. А.Беккер Системы вентиляции. М.: Техносфера, Евроклимат, 2005. – 232 с.
9. Пигарев В.Е., Архипов П.Е. Холодильные машины и установки кондиционирования воздуха:Учебник для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. /Под ред. В.Е. Пигарева. –М.: Маршрут, 2003. – 424 с.
10. Цуранов О.А., Крысин А.Г. Холодильная техника и технология. /под ред. Проф В.А.Гуляева. –СПб.:Лидер, 2004.–448 с.
11. Мещеряков Ф.Е. Основы холодильной техники и холодильной технологии. -М.: Пищевая промышленность, 1975. -560 с.
12. Справочник. Применение холода в пищевой промышленности. -М.: Пищевая промышленность, 1975. -271 с.

Навчальне видання

Гурський П.В.,
Богомолов О.В.,
Іващенко С.Г.

Методичні вказівки

до практичного заняття

Розрахунок системи вентиляції і підбір її складових

за курсом «Кондиціонування та холодозабезпечення переробних і харчових виробництв»

Для студентів денної та заочної форми навчання

Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв

Комп'ютерний набір та верстка: П.В.Гурський

Підп. до друку 05.05.23

Формат паперу 60×84 1/16 Обл. - вид. арк. 1,5

Тираж 100 Ризограф TR 1510 № 80654645

ДБТУ, 61001, м. Харків, пр. Героїв Харкова 45, кім.212

Підготовлено та надруковано кафедрою «Обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв»
Державного біотехнологічного університету

