

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ
СПОРУДИ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи
«Розрахунок СКП дата-центрів
та інших приміщень з електротехнічним обладнанням»
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Теплогазопостачання і вентиляція»

Київ 2023

УДК 697.9

С 34

Укладачі: В. П. Корбут, д-р техн. наук, професор;
В. О. Мілейковський, д-р техн. наук, професор;
С. Г. Рибачов, канд. техн. наук, асистент

Рецензент О. В. Задоянний, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск К. М. Предун, д-р екон. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри теплогазопостачання і
вентиляції, протокол № 13 від 29 березня 2023 року.*

В авторській редакції.

Системи формування мікроклімату споруди різного
С 34 призначення: методичні вказівки до виконання розрахунково-
графічної роботи «Розрахунок СКП дата-центрів та інших приміщень
з електротехнічним обладнанням» / уклад.: В. П. Корбут,
В. О. Мілейковський, С. Г. Рибачов. – Київ : КНУБА, 2023. – 20 с.

Розглянуто зміст і завдання розрахунково-графічної роботи
«Розрахунок СКП дата-центрів та інших приміщень з
електротехнічним обладнанням» і приклад її виконання.

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія» освітньої програми «Теплогазопостачання і
вентиляція»

© КНУБА, 2023

Загальні положення

Дисципліна «Системи формування мікроклімату споруд різного призначення» належить до нормативних професійно орієнтованих.

Мета курсу – вивчення методів підтримання нормативних параметрів повітряного середовища у будівлях і спорудах різного призначення. Вивчення теоретичних положень дисципліни передбачається на лекціях, а практичних навичок – на практичних заняттях і під час самостійної роботи студентів.

Програмними результатами вивчення навчальної дисципліни є:

РН01. Проектувати будівлі і споруди, технології та системи теплогазопостачання та вентиляції, у тому числі з використанням програмних систем комп'ютерного проектування, з метою забезпечення їх надійності та довговічності, прийняття раціональних проектних і технічних рішень, техніко-економічного обґрунтування, враховуючи особливості об'єкта будівництва, визначення оптимального режиму його функціонування та впровадження заходів із ресурсо- і енергозбереження.

РН02. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, зокрема сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі будівництва та цивільної інженерії для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН08. Відслідковувати найновіші досягнення систем і технологій теплогазопостачання та вентиляції для створення інновацій.

РН09. Підбирати сучасні матеріали, технології і методи виконання процесу будівельного виробництва, враховуючи архітектурно-планувальну, конструктивну частину проекту та базу будівельної організації.

1. ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

З огляду на потребу в підтриманні високоточних температурно-вологісних умов і чистоти повітряного середовища дата-центрів та інших приміщень з електротехнічним обладнанням здебільшого використовуються прецизійні кондиціонери шафового типу (рис. 1). Таке обладнання дає змогу точно відслідковувати й реагувати на будь-які незначні зміни стану внутрішнього повітря, що суттєво впливає на якість технологічних процесів. Студенти вивчають особливості формування мікроклімату споруд дата-центрів.

Для поглибленого вивчення і закріплення теоретичних знань студенти виконують три розрахунково-графічні роботи. Розрахунково-графічна робота «Розрахунок СКП дата-центрів та інших приміщень з електротехнічним обладнанням» передбачає такі розділи:

1. Розрахунок системи кондиціонування повітря електротехнічних приміщень у теплий період.

2. Розрахунок системи кондиціонування повітря електротехнічних приміщень у холодний період.

Вихідні дані наведено в табл. 1. В усіх завданнях барометричний тиск – 1013 гПа.

Електротехнічні приміщення – це приміщення з електротехнічним обладнанням (серверні, комутаційні, автозали телефонних станцій, дата-центри тощо). Такі приміщення вирішують проблеми зберігання й оброблення великих обсягів даних для бізнесу, керування великими об'єктами підвищеної відповідальності, наприклад, системи життєзабезпечення, управління та безпеки АЕС, довгі транспортні тунелі, де найменша аварія може спричинити колапс руху з неможливістю доставити допомогу, тощо. Обладнання розміщують у спеціальних стійках – стативах.

Електротехнічні приміщення ділять на великі (понад 2000 м², понад 800 стативів), середні (від 500 і до 2000 м², 201–800 стативів), малі (площею до 500 м² включно, кількість стативів – 11–200), модульні (складаються з модульних блоків, кількість яких легко нарощується), контейнерні (у пересувних контейнерах). Основним джерелом теплонадлишків є електронне обладнання в стативах, а вологонадлишки

відсутні. Завдяки радіаційному теплообміну стінки стативів нагріваються, що спричиняє теплонадлишки не лише в стативах, але й у приміщенні.

Зважаючи на ці особливості, бажано, щоб процес охолодження в теплий період протікав без осушення, а в холодний період обов'язково зі зволоженням. Оскільки за технологією передбачається короткочасне перебування працюючих, температура припливного повітря може бути мінімально можливою, а відносна вологість – максимальною.

Запиленість повітря суттєво впливає на працездатність обладнання. Пил на поверхні деталей і вузлів знижує тепловіддачу від нагрітих елементів, збільшує гігроскопічність і збільшує за певних умов корозію. Пилові частки, які потрапляють на електричні контакти, викликають похибки в інформації та призводять до перебою в роботі систем. Пил також призводить до швидкого спрацьовування та псування механічних систем.

Тому потрібно дотримуватися високих вимог до чистоти охолоджувального повітря, а також приміщень, у яких має підтримуватися невеликий надлишковий тиск для запобігання надходженню необробленого повітря через нещільності.

Технічні показники систем і обладнання кондиціонування повітря залежать від схеми організації повітрообміну, особливостей повітророзподілення й оптимального співвідношення продуктивності по повітрю і надлишкової температури припливного повітря.

Приклад кліматичного обладнання та можливе схематичне розташування технологічного обладнання показано на рис. 1.

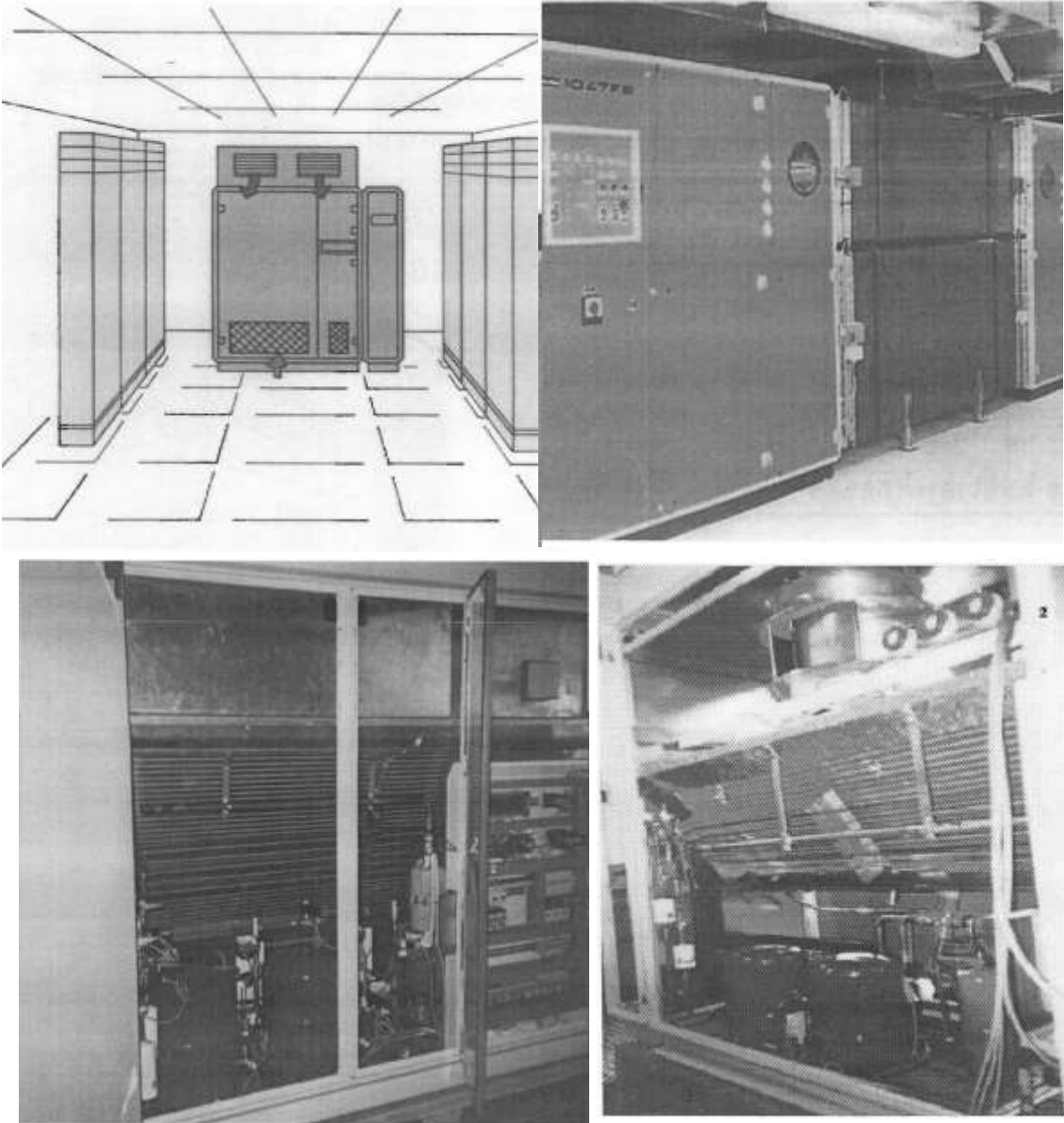


Рис. 1. Розташування технологічного та кліматичного обладнання в електротехнічних приміщеннях

Таблиця 1

Вихідні дані до розрахунку кондиціонування повітря дата-центра

Розрахункові дані	Значення для останньої цифри номера залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметри зовнішнього повітря										
теплій період										
$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	31	31,8	29,7	28,6	29,4	31	29,4	28,7	30,5	30,8
$I_{ext}, \text{кДж/кг}$	57,4	56,9	57,4	54,4	55,3	56,1	55,8	54,8	56,7	57,1
холодний період										
$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	-21	-25	-23	-22	-24	-19	-20	-18	-23	-16
$I_{ext}, \text{кДж/кг}$	-19,7	-24,3	-22	-21,2	-22,3	-17,6	-18,6	-16,3	-21,9	-14,2
Параметри внутрішнього повітря в робочій зоні										
теплій період										
$t_{w.z}, ^\circ\text{C}$	22 ± 2									
$\varphi_{w.z}, \%$	55 ± 10									
холодний період										
$t_{w.z}, ^\circ\text{C}$	20 ± 2									
$\varphi_{w.z}, \%$	55 ± 10									
Теплонадходження, Q, Вт										
стативи $\Delta Q_{ст}$	28 920	31 710	35 630	29 110	33 250	38 900	29 510	36 240	39 910	41 350
приміщення $\Delta Q_{пр}$	5350	6470	7140	9320	5720	5980	7320	5850	8260	7280
Температура повітря на виході зі статурів										
Взяти на $1 ^\circ\text{C}$ вищою за температуру повітря в робочій зоні										

2. Приклад виконання роботи

2.1. Вихідні дані

Вихідні дані наведено в табл. 2. Найбільш ефективним способом кондиціонування повітря дата-центрів (рис. 2) є подавання основної кількості охолодженого повітря з прецизійного кондиціонера безпосередньо до статурів, а певної його частини – до приміщення відповідно до розподілу теплонадлишків. Для цього повітроводи розводяться під фальшивою підлогою, на якій встановлено обладнання та кондиціонер. Забір повітря здійснюється ззовні, з верхньої та середньої зон приміщення залежно від змінних зовнішніх умов і навантаження серверів для максимальної енергоефективності. До встановлення беремо шафові автономні прецизійні кондиціонери, у яких передбачено процеси нагрівання, охолодження та зволоження повітря парою. Компонування кондиціонера передбачає рух повітря в ньому згори донизу.

Таблиця 2

Вихідні дані до прикладу розрахунку

Параметр	Теплий період	Холодний період
Параметри зовнішнього повітря:		
– температура t_{ext} , °C	30,5	-23
– ентальпія I_{ext} , кДж/кг	56,7	-22,1
Параметри повітря робочої зони		
– температура t_{wz} , °C	22 ± 2	20 ± 2
– відносна вологість ϕ_{wz} , кДж/кг	55 ± 10	55 ± 10
Теплонадлишки, Вт:		
– у статурах ΔQ^{cm}	39 910	
– у приміщенні ΔQ^{np}	8260	

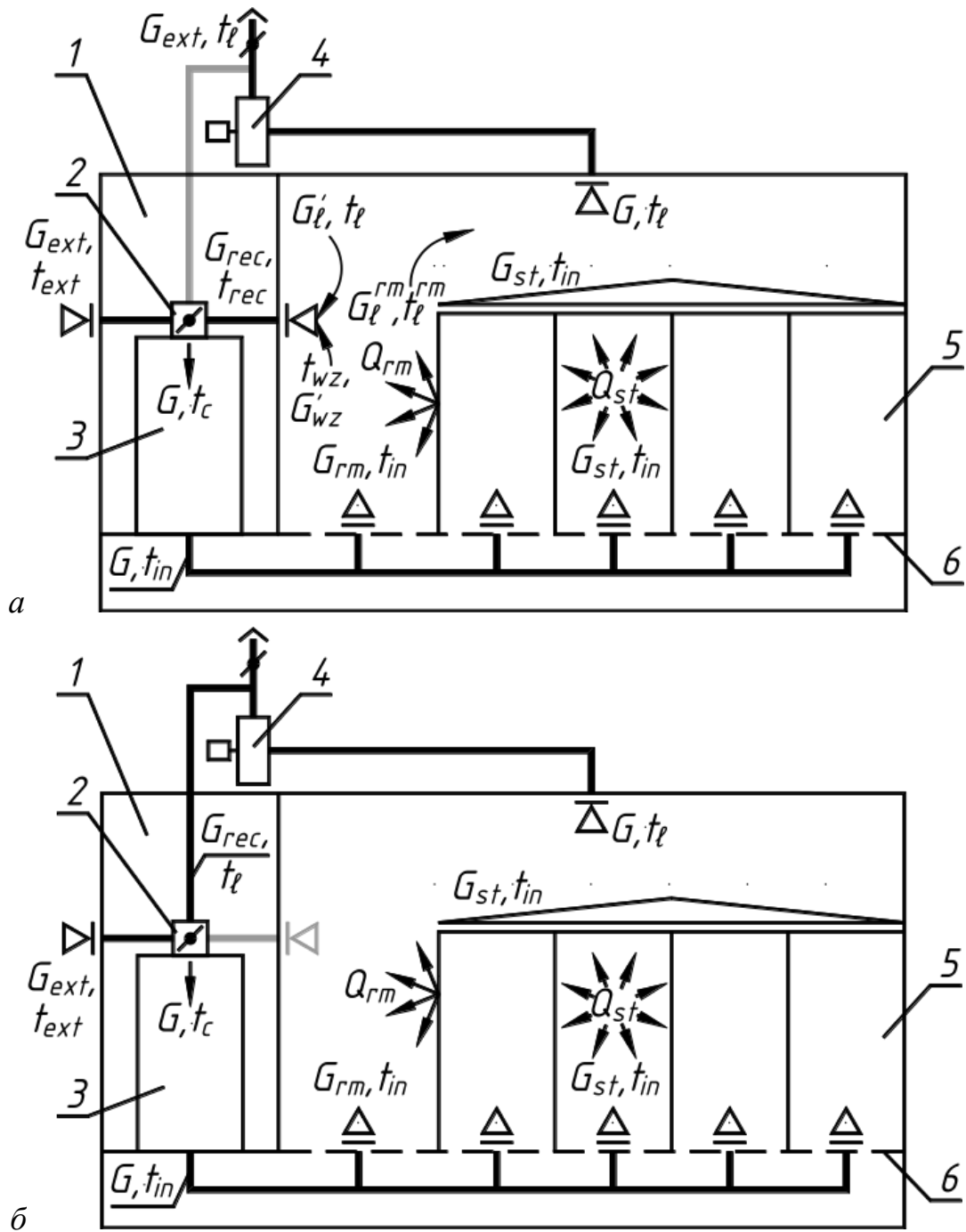


Рис. 2. Схема організації повітрообміну в дата-центрах:

a – у теплий період року; *б* – у холодний період року: 1 – приміщення; 2 – клапан багатোধодовий; 3 – кондиціонер прецизійний шафовий; 4 – рециркуляційно-витяжний вентилятор; 5 – стативи; 6 – фальшпідлога; сірим виділено повітроводи, що не працюють у цей період року

2.1. Розрахунок системи кондиціонування повітря в теплий період

1. На I-d діаграму (рис. 3, 4) вологого повітря наносимо точки З і Р, які характеризують зовнішнє повітря та повітря робочої зони.

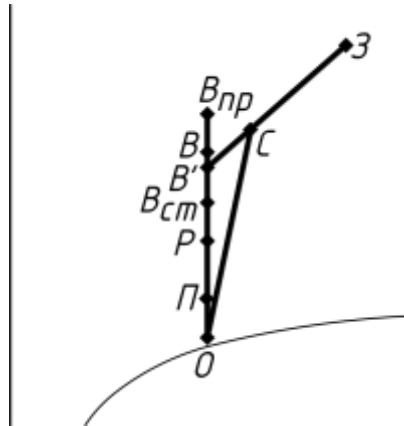


Рис. 3. Схема процесів оброблення повітря під час кондиціонування повітря в дата-центрі в теплий період (у роботі не наводиться):. $Z \rightarrow C \leftarrow B'$ – змішування зовнішнього і рециркуляційного повітря; $C \rightarrow O$ – охолодження; $O \rightarrow П$ – нагрів у вентиляторі; $П \rightarrow B_{ст}$ – асиміляція теплонадлишків у стативах; $П \rightarrow P \leftarrow B_{пр}$ – асиміляція теплонадлишків у приміщенні; $B_{ст} \rightarrow B \leftarrow B_{пр}$ – змішування повітря, що виходить з приміщення та зі стативів, у верхній зоні; $P \rightarrow B' \leftarrow B$ – змішування повітря з робочої та верхньої зон із забором повітря на рециркуляцію

2. Температура повітря, яке виходить зі стативів:

$$t_{\ell}^{cm} = t_{wz} + 1 = 22 + 1 = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

3. Через точку Р проводимо лінію процесу асиміляції теплонадлишків у приміщенні та стативах за кутом променя процесу $\varepsilon = \infty$ (вертикально за $d = \text{const}$, адже вологонадлишків немає). На перетині її з лінією відносної вологості 95 % ставимо точку охолодження О. Піднімаємося від неї на 1...1,5 $^{\circ}\text{C}$ і отримуємо точку припливного повітря П. Випишемо температуру $t_{in} = 14,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 3).

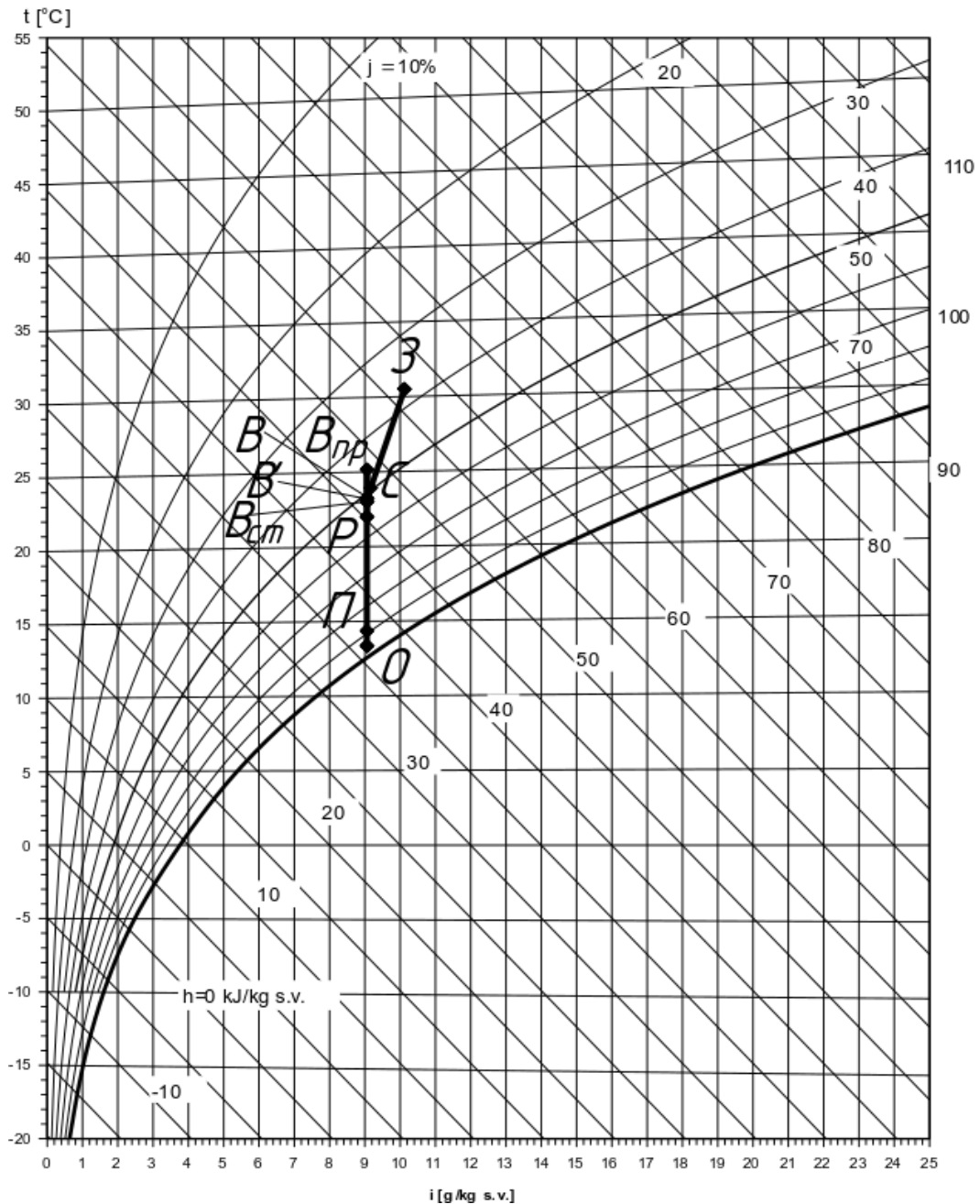


Рис. 4. Процеси оброблення повітря під час кондиціонування повітря в дата-центрі в теплий період: $Z \rightarrow C \leftarrow B'$ – змішування зовнішнього і рециркуляційного повітря; $C \rightarrow O$ – охолодження; $O \rightarrow \Pi$ – нагрів у вентиляторі; $\Pi \rightarrow B_{cm}$ – асиміляція тепловиділення у стативах; $\Pi \rightarrow P \leftarrow B_{np}$ – асиміляція тепловиділення у приміщенні; $B_{cm} \rightarrow B \leftarrow B_{np}$ – змішування повітря, що виходить із приміщення та зі стативів, у верхній зоні; $P \rightarrow B' \leftarrow B$ – змішування повітря з робочої та верхньої зон із забором повітря на рециркуляцію

Параметри повітря в теплий період року

Характеристика повітря	Точка на I-d діаграмі	Індекси параметрів	Параметри			
			$t, ^\circ\text{C}$	$I, \text{кДж/кг}$	$d, \text{г/кг}$	$\phi, \%$
Зовнішнє	З	ext	30,5	56,7	10,1	37
Внутрішнє в робочій зоні	Р	wz	22	45,2	9,1	55
Забране на рециркуляцію	В'	rec	23,2	46,5	9,1	51
Суміш зовнішнього та рециркуляційного з робочої зони	С	mix	23,9	47,5	9,2	50
Після повітроохолоджувача	О	c	13,3	36,4	9,1	95
Припливне	П	in	14,3	37,4	9,1	89
Вихідне зі стативів	В _{ст}	ℓ^{cm}	23,0	46,3	9,1	52
Вихідне з приміщення на рівні верха стативів	В _{пр}	ℓ^{np}	25,2	48,5	9,1	45
Середнє витяжне з верхньої зони	В	ℓ	23,3	46,5	9,1	51

4. Визначаємо температуру повітря у верхній зоні за відомим для таких приміщень значенням коефіцієнта повітрообміну $K_L^{cm} = 1,25$, який у цьому випадку стосується температури повітря на виході зі стативів, а не робочої зони:

$$t_{\ell}^{rm} = t_{in} + K_L^{cm} (t_{\ell}^{st} - t_{in}) = 14,3 + 1,25 \cdot (23 - 14,3) = 25,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5. Коефіцієнт повітрообміну, що стосується робочої зони

$$K_L = (t_{\ell}^{rm} - t_{in}) / (t_{wz} - t_{in}) = (25,2 - 14,3) / (22 - 14,3) = 1,42.$$

6. Визначаємо потрібну витрату повітря припливного повітря відповідно, до стативів і до приміщення за питомої теплоємності повітря $c_p = 1,006$ кДж/(кг·К):

$$G_{st} = 3,6 \Delta Q_{st} / (c \cdot (t_{\ell}^{st} - t_{in})) = 3,6 \cdot 39910 / (1,006 \cdot (23 - 14,3)) = 16416 \text{ кг/год},$$

$$G_{rm} = 3,6 \Delta Q_{rm} / (t_{\ell}^{rm} - t_{in}) = 3,6 \cdot 8260 / (25,2 - 16) = 3213 \text{ кг/год}.$$

7. Загальна витрата повітря

$$G = G_{st} + G_{rm} = 16416 + 3213 = 19629 \text{ кг/год}.$$

8. Витрату зовнішнього повітря беремо в розмірі 10 % від загальної:

$$G_{ext} = 0,1 \cdot G = 0,1 \cdot 19629 = 1963 \text{ кг/год}.$$

Тоді витрата рециркуляційного повітря:

$$G_{rec} = G - G_{ext} = 19629 - 1963 = 17666 \text{ кг/год}.$$

9. Рециркуляційне повітря забирається з робочої зони. Але витрата повітря на рециркуляцію значно більша за витрату припливного повітря, що вентилює робочу зону. Тому такий забір повітря стимулює рециркуляцію повітря верхньої зони. Це не порушує, а покращує температурний режим приміщення. Адже температура на виході зі стативів нижча за температуру повітря на виході з приміщення. Оскільки технічно неможливо здійснити забір повітря рівномірно за площею робочої зони, то забрати можна лише певну частку повітря, яке вентилює робочу зону. Цю частку найбільш точно можна визначити моделюванням схеми організації повітрообміну в програмах обчислювальної гідромеханіки. Беремо цю частку $\alpha = 0,3$. Тоді на рециркуляцію забиратиметься повітря робочої зони в кількості

$$G_{wz} = \alpha \cdot G_{rm} = 0,30 \cdot 3213 = 964 \text{ кг/год}.$$

До верхньої зони потрапить повітря в кількості

$$G_{\ell}^{rm} = G_{rm} - G'_{wz} = 3213 - 964 = 2249 \text{ кг/год.}$$

З верхньої зони підсмоктуватиметься до рециркуляційних решіток повітря в кількості

$$G'_{\ell} = G_{rec} - G'_{wz} = 17666 - 964 = 16702 \text{ кг/год.}$$

10. Визначаємо середню температуру повітря верхньої зони з урахуванням забирання повітря на рециркуляцію:

$$t_{\ell} = (G_{st} \cdot t_{\ell}^{st} + G_{wz} \cdot t_{\ell}^{rm}) / (G_{st} + G_{wz}) = \\ = (16416 \cdot 23 + 2249 \cdot 25,2) / (16416 + 2249) = 23,27 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

11. Визначаємо середню температуру повітря, що забирається на рециркуляцію, за припущенням, що повітря, яке підтікає з верхньої зони до рециркуляційних решіток у робочій зоні, не встигає асимілювати теплонадлишки (зберігає температуру):

$$t_{rec} = (G'_{wz} \cdot t_{wz} + G'_{\ell} \cdot t_{\ell}) / G_{rec} = (964 \cdot 22 + 16702 \cdot 23,27) / 17666 = 23,20 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

12. Будуємо точки повітря верхньої зони В та забраного на рециркуляцію В' на перетині вертикальної лінії з ізотермами відповідно t_{ℓ} та t_{rec} .

13. Будуємо процес змішування. Визначаємо температуру суміші

$$t_{mix} = (G_{ext} \cdot t_{ext} + G_{rec} \cdot t_{rec}) / G = 0,1 \cdot t_{ext} + 0,9 \cdot t_{rec} = \\ = (1963 \cdot 30,5 + 17666 \cdot 23,20) / 19629 = 23,93 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Сполучаємо точки З та В' і на перетині цієї лінії та ізотерми t_{mix} ставимо точку суміші С.

14. Потрібна холодопродуктивність

$$Q_x = G \cdot (I_{mix} - I_c) / 3,6 = 19629 \cdot (47,5 - 36,4) / 3,6 = 60523 \text{ Вт.}$$

2.2. Розрахунок системи кондиціонування повітря в холодний період

Витрати повітря в стативах і приміщенні беремо за теплим періодом року.

1. На I-d діаграму (рис. 5, 6) наносимо точки З і Р.

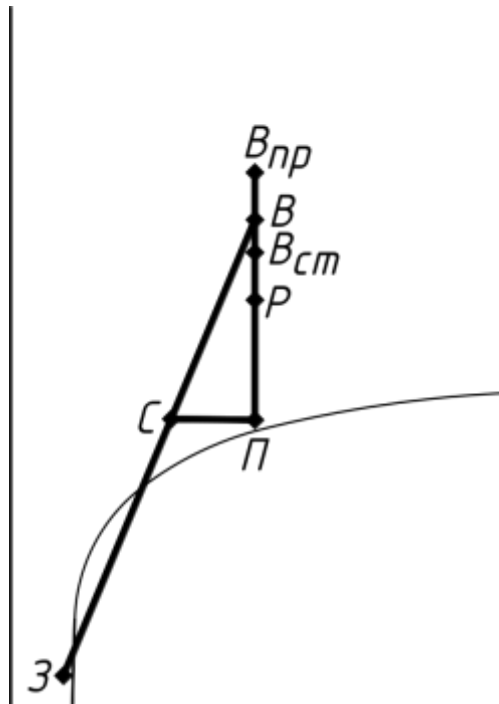


Рис. 5. Схема процесів оброблення повітря під час кондиціонування повітря в дата-центрі в холодний період (у роботі не наводиться): $Z \rightarrow C \leftarrow V$ – змішування зовнішнього і рециркуляційного повітря; $C \rightarrow П$ – парове зволоження; $П \rightarrow V_{ст}$ – асиміляція теплонадлишків у стативах; $П \rightarrow R \rightarrow V_{пр}$ – асиміляція теплонадлишків у приміщенні; $V_{ст} \rightarrow V \rightarrow V_{пр}$ – змішування повітря, що виходить з приміщення та зі стативів, у верхній зоні

2. Проводимо через точку Р лінію асиміляції теплонадлишків у приміщенні та стативах за коефіцієнтом променю процесу $\epsilon = \infty$ (вертикально за $d = \text{const}$) до перетину з $\phi = 95\%$ і знаходимо точку П. До табл. 4 записуємо температуру припливного повітря $t_{in} = 11,5\text{ }^\circ\text{C}$.

3. Підраховуємо температуру повітря на виході зі стативів

$$t_{tv}^{st} = t_{in} + (3,6 \cdot \Delta Q_{st} / (c_p \cdot G_{st})) = 11,5 + (3,6 \cdot 39910 / (1,006 \cdot 16416)) = 20,20 \leq t_{wz} + 1 = 20 + 1 = 21\text{ }^\circ\text{C}.$$

Отже, температура на виході зі стативів є допустимою.

4. Температура повітря на виході з приміщення

$$t_{\ell}^{rm} = t_{in} + (3,6 \cdot \Delta Q_{rm} / (c_p \cdot G_{rm})) = 11,5 + (3,6 \cdot 8260 / (1,006 \cdot 3213)) = 20,70 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5. Середня температура повітря у верхній зоні після змішування повітря на виході з приміщення та стативів

$$t_{\ell} = (G_{st} \cdot t_{\ell}^{st} + G_{rm} \cdot t_{\ell}^{rm}) / G = (16416 \cdot 20,2 + 3213 \cdot 20,7) / 19629 = 20,28 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

6. Визначаємо температуру повітря в робочій зоні з припущення про близькість коефіцієнта повітрообміну K_L до його значення в теплий період року – 1,42

$$t_{wz} = t_{in} + (t_{\ell}^{rm} - t_{in}) / K_L = 11,5 + (20,7 - 11,5) / 1,42 = 18,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Це значення потрапляє в допустимі межі – $20 \pm 2 = 18 \dots 22 \text{ } ^\circ\text{C}$

7. На проведеній лінії процесів асиміляції теплонадлишків на перетині з ізотермами t_{ℓ}^{st} , t_{ℓ}^{rm} і t_{ℓ} наносимо точки відповідно ℓ_{st} , ℓ_{rm} та ℓ .

8. У холодний період на рециркуляцію забираємо повітря з верхньої зони. Точки З та В з'єднуємо прямою. З точки П за $t_0 = \text{const}$ проводимо лінію зволоження паром до перетину з лінією ЗВ – маємо точку С суміші зовнішнього та рециркуляційного повітря.

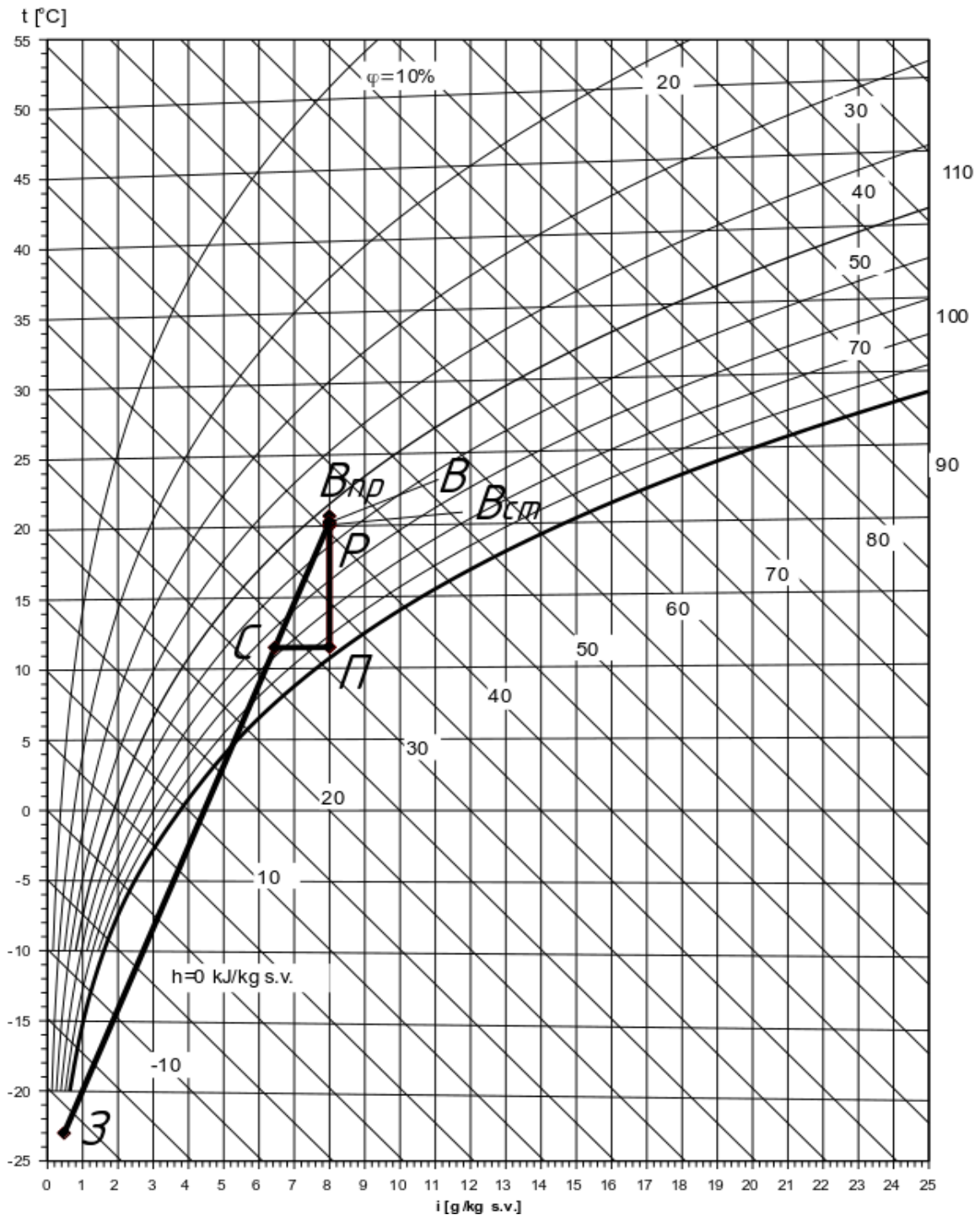


Рис. 6. Процеси оброблення повітря під час кондиціонування повітря в дата-центрі в холодний період: $Z \rightarrow C \leftarrow V$ – змішування зовнішнього і рециркуляційного повітря; $C \rightarrow \Pi$ – парове зволоження; $\Pi \rightarrow B_{cm}$ – асиміляція теплонадлишків у стативах; $\Pi \rightarrow P \rightarrow B_{np}$ – асиміляція теплонадлишків у приміщенні; $B_{cm} \rightarrow B \rightarrow B_{np}$ – змішування повітря, що виходить із приміщення та зі стативів, у верхній зоні

Параметри повітря в холодний період року

Характеристика повітря	Точка на I-d діаграмі	Індекси параметрів	Параметри			
			t, °C	I, кДж/кг	d, г/кг	φ, %
Зовнішнє	З	<i>ext</i>	-23	-22,1	0,5	97
Внутрішнє в робочій зоні	Р	<i>wz</i>	20	40,5	8,0	55
Припливне	П	<i>in</i>	11,5	31,8	8,0	95
Вихідне зі стативів	В _{ст}	<i>ℓ^{ст}</i>	20,2	41,5	8,0	54
Вихідне з приміщення на рівні верха стативів	В _{пр}	<i>ℓ^{пр}</i>	20,7	41,2	8,0	53
Середнє витяжне з верхньої зони	В	<i>ℓ</i>	20,3	40,8	8,0	54
Суміш зовнішнього та рециркуляційного	С	<i>mix</i>	11,5	27,8	6,4	76

9. Заносимо всі параметри повітря для кожної точки в табл. 4.

10. Розподіляємо загальну витрату повітря між зовнішнім і рециркуляційним відповідно

$$G_{ext} = G \cdot (I_{\ell} - I_{mix}) / (I_{\ell} - I_{ext}) = 19629 \cdot (40,8 - 27,8) / (40,8 - (-22,1)) = 4057 \text{ кг/год},$$

$$G_{rec} = G - G_{ext} = 19629 - 4057 = 15572 \text{ кг/год}.$$

11. Витрата пари на зволоження

$$M = G \cdot (d_{in} - d_{mix}) \cdot 10^{-3} = 19629 \cdot (8,0 - 6,4) \cdot 10^{-3} = 31,406 \text{ кг/год}.$$

Після розрахунку для перевірки можливості подавання повітря з температурою t_{in} виконують розрахунок припливних струмин. У разі невідповідності встановлюють повітророзподільники, що подають закручені струмини, і підбирають відповідний ступінь закручування. Якщо це зробити неможливо, доведеться нагрівати припливне повітря в кондиціонері.

Список рекомендованої літератури

1. *Джеджула В. В.* Вентиляція та кондиціонування повітря громадських об'єктів : навчальний посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Dzhedzhula_2021_71.pdf.
2. *Боженко М. Ф.* Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря : навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/3024>.
3. *Громадські будинки та споруди* : ДБН В.2.2-9-2018. – [Чинний від 01.06.2019]. – Київ : Укрархбудінформ, 2019. – 43 с.
4. *Опалення, вентиляція та кондиціонування* : ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинний від 01.01.2014]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 141 с.
5. *Санитарные нормы микроклимата производственных помещений* : ДСН 3.3.6.042-99. – [Дата прийняття 01.12.1999]. – Київ : МОЗ України, 1999. – 12 с.
6. *Житлові будинки* : ДБН В.2.2-15-2019. – [Чинний від 01.12.2019]. – Київ : Мінбуд України, 2019. – 42 с.

Навчально-методичне видання

СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ СПОРУДИ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи
«Розрахунок СКП дата-центрів
та інших приміщень з електротехнічним обладнанням»
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Теплогазопостачання і вентиляція»

Укладачі: **КОРБУТ** Вадим Павлович,
МІЛЕЙКОВСЬКИЙ Віктор Олександрович,
РИБАЧОВ Сергій Григорович

Випусковий редактор *Т. В. Івченко*
Комп'ютерне верстання *Д. М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 01.12.2023. Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,25.
Електронний документ. Вид. № 111/III-23

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002