

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних, дорожніх машин і будівництва

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи
з курсу

“ Енергозберігаючі технології в будівництві ”

(для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 192 будівництво та цивільна інженерія)



Кропивницький 2018

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з курсу “ Енергозберігаючі технології в будівництві ” (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 192 будівництво та цивільна інженерія) / Укл.: В.А. Настоящий, В.В. Дарієнко. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 25с.

Укладачі:

В.А. Настоящий – канд. техн. наук, професор,

В.В. Дарієнко – канд. техн. наук, асистент.

Рецензент:

В.В. Яцун – канд. техн. наук, доцент.

Затверджено на засіданні кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва протокол №_5_ від 14.11.2018р.

© В.А.Настоящий, В.В. Дарієнко, 2018.

© РВЛ ЦНТУ, тиражування, 2018.

ЗМІСТ

	Стор.
Передмова.....	4
1. Розрахунок теплоізоляції.....	5
1.1 Теоретичні основи розрахунку теплоізоляції	5
1.2. Приклад розрахунку пароізоляції	8
2. Розрахунок пароізоляції.....	10
2.1. Теоретичні основи розрахунку теплоізоляції	10
2.2. Приклад розрахунку пароізоляції.....	13
3. Розрахунок осушувальної вентиляції.....	14
3.1. Теоретичні основи розрахунку осушувальної вентиляції	14
3.2. Приклад розрахунку осушувальної вентиляції	18
Література.....	24

Передмова

Відповідно до навчального плану спеціальності 192 будівництво та цивільна інженерія вивчення курсу “Енегозберігаючі технології в будівництві” студентами денної та заочної форм навчання закінчується складанням заліку. Така форма кінцевого контролю знань зобов’язує кожного студента не тільки розв’язати та захистити ряд індивідуальних практичних задач, але й оволодіти теоретичними знаннями настільки глибоко, щоб бути здатним відповісти на будь-які виробничі питання в майбутньому.

Активна робота в аудиторії під керівництвом викладача та самостійна робота являються запорукою успіху у навчанні. Тому студенти повинні керуватися правилом: не можна переходити до вивчення нового матеріалу, не засвоївши попередній. Таким чином, кожний студент зобов’язаний приходити на практичні заняття максимально підготовленим для сприйняття чергової інформації. Слід пам’ятати, що аудиторні заняття дозволяють найбільш інтенсивно засвоювати викладений матеріал за наступних умов: особиста зацікавленість студента в отриманні знань та його максимальна увага; вміння швидко та правильно використовувати нормативні вимоги.

Мета практичних занять з дисципліни “Енергоефективні будинки та споруди” – підготовка інженерів-будівельників, які: мають глибокі знання з основ розрахунку теплотехнічних характеристик різних будівельних матеріалів та оцінки теплотехнічних параметрів огорожуючих конструкцій і їх довговічності, проектування ефективного теплозахисту будинків і споруд при їх зведенні та експлуатації, застосування ресурсо- і енергозберігаючих технологій, які відповідають часовому етапу розвитку суспільного господарства та різноманітним умовам житлового, цивільного і промислового будівництва, проектування та правильного виконання пароізоляції і ефективної системи вентиляції несучих і огорожуючих конструкцій будівель і споруд. Дисципліна “Енегозберігаючі технології в будівництві” відноситься до циклу дисциплін самостійного вибору навчального закладу.

В результаті вивчення дисципліни кожен студент **зобов’язаний знати основні:**

- ефективні види теплоізоляційних матеріалів;
- сучасні теплотехнічні вимоги до будинків і споруд;
- методи усунення та шляхи відвернення конденсації водяної пари в будівельних конструкціях;
- ефективні способи теплозахисту житлових, цивільних та промислових будинків і споруд;

повинен вміти:

- визначати теплотехнічні характеристики різних будівельних матеріалів;
- оцінювати теплотехнічні параметри огорожувальних конструкцій;
- проектувати надійну пароізоляцію та ефективний теплозахист будинків і споруд різного призначення;
- вирішувати питання ефективної експлуатації житлових, громадських та промислових будівельних об’єктів.

1. Розрахунок теплоізоляції

Теоретичні основи розрахунку теплоізоляції

Теплотехнічний розрахунок передбачає забезпечення необхідних вимог щодо зменшення витрат тепла в зимовий період року та його зайвого надходження через покриття в літній період року. Для суміщених дахів такий розрахунок полягає у визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару в їх складі. Ця товщина визначається за формулою (1.1)

$$\delta = \lambda \left(R_o^{нор} - \frac{\alpha_b + \alpha_3}{\alpha_b \cdot \alpha_3} \right), \quad (1.1)$$

- де δ - необхідна товщина теплоізоляційного шару (м);
- λ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплоізоляційного шару ($Bm/m^2 \cdot ^\circ C$), приймається за табл. 1 [4];
- α_b - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні покриття ($Bm/m^2 \cdot ^\circ C$), приймається за табл. 5 [4];
- α_3 - коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні покриття ($Bm/m^2 \cdot ^\circ C$), приймається за табл. 6 [4];
- $R_o^{нор}$ - необхідний опір передачі тепла через покриття ($m^2 \cdot ^\circ C/Bm$); для будинків житлово-цивільного призначення приймається за табл. 15 [], а для промислових і сільськогосподарських будинків і споруд визначається за формулою (1.2)

$$R_o^{нор} = \frac{n \cdot (t_b - t_3)}{\Delta t_H \cdot \alpha_b}, \quad (1.2)$$

- де n - коефіцієнт, який приймається за табл. 8 [4] в залежності від розташування зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій будинків і споруд по відношенню до зовнішнього повітря;
- t_b - розрахункова температура внутрішнього повітря ($^\circ C$), приймається згідно з нормами проектування приміщень відповідних будинків і споруд;
- Δt_H - нормативний температурний перепад ($^\circ C$) між температурою внутрішнього повітря і температурою зовнішнього повітря покриття, приймається за табл. 9 [4];
- t_3 - розрахункова зимова температура зовнішнього повітря ($^\circ C$), приймається за табл. 7 [4] з врахуванням теплової інерції (D) огорожувальних конструкцій; теплову інерцію слід визначати за формулою (1.3)

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots R_n S_n, \quad (1.3)$$

де $R_1, R_2 \dots R_n$ - термічні опори окремих шарів суміщеного покриття ($\text{м}^2 \cdot 0\text{С} / \text{Вт}$), визначаються за формулою (1.4);

$S_1, S_2 \dots S_n$ - розрахункові коефіцієнти теплосасвоєння матеріалу окремих шарів суміщеного покриття ($\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot 0\text{С}$), приймаються за табл. 1 [4].

Примітки:

1. Розрахунковий коефіцієнт теплосасвоєння повітряних прошарків приймається рівним нулю.
2. Шари суміщеної конструкції, розміщені між повітряним прошарком, який вентильється зовнішнім повітрям, і зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції не враховуються.

Термічні опори окремих шарів суміщеного покриття, а також однорідної (одношарової) огорожувальної конструкції слід визначати за формулою (1.4)

$$R_i = \delta_i / \lambda_i, \quad (1.4)$$

де δ_i - товщина окремого шару (м);

λ_i - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу окремого шару ($\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot 0\text{С}$), приймається за табл. 1 [4].

Коефіцієнт теплопровідності матеріалів для влаштування теплоізоляційного шару в сухому стані, як правило, повинен бути не більше $0,3 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot 0\text{С}$.

Теплоізоляційний шар суміщеного даху слід призначити відповідно до теплотехнічного розрахунку з негорючих та важкогорючих матеріалів, міцністю на стиск не менше ніж $0,6 \text{ кгс} / \text{см}^2$ і об'ємною масою в межах від 30 до $600 \text{ кг} / \text{м}^3$. Типи теплоізоляції з застосуванням таких матеріалів наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1

Типи теплоізоляції

Тип теплоізоляції	Матеріали теплоізоляції	Міцність на стиск, $\text{кгс} / \text{см}^2$	Об'ємна маса, $\text{кг} / \text{м}^3$
1	2	3	4
Т-1	Плити з резольнофенолформальдегідного пінопласту (ГОСТ 20916-87)	1,5-2	100

1	2	3	4
T-2	Плити пінополістирольні (ГОСТ 15588-86) або пінополіуретанові (ТУ 8-56-70, ТУ 67-78-75, ТУ 67-98-75)	1-1,5	50-150
T-2a	Плити з екструдованого пінополістиролу (ГОСТ РФ NHV.900 1.4.0291)	3-4	30-40
T-3	Мінераловатні плити на синтетичному і бітомному в'язучому жорсткі (ГОСТ 12394-66) та напівжорсткі (ГОСТ 10140-82, ГОСТ 9573-82)	0,6	200
T-5	Перлітофосфогелеві плити (ТУ 21 України 512-92)	2-3	200-300
T-6	Перлітопластбетонні плити (ТУ 480-1-145-85)	2-3	200-300
T-7	Плити теплоізоляційні полістирол бетонні (ТУ 21 України 315-92)	2-3	200-300
T-8	Плити з піно- і газоскла (ТУ 21 БРСР 86-73)	5-10	200-400
T-9	Плити деревоволокнисті (ГОСТ 4596-86), деревостружкові (ГОСТ 26816-86) та фібролітові (ГОСТ 8928-81)	5-10	200-600
T-10	Плити з арболіту (ГОСТ 19222-84)	4-8	200-600
T-11	Плити з ніздрюватих бетонів (газо- та пінобетони, ТУ 234 УРСР 386-91)	6-12	300-600
T-12	Плити з легких бетонів (керамзитобетон, перлітобетон, ТУ 400-1-63-72)	10	600
T-13	Легкі теплоізоляційні бетони монолітного укладання (ГОСТ 25820-83)	5	600
T-14	Гравій керамзитовий (ТУ 234 УРСР 406-86)	-	200-400

Примітки:

1. При виборі типу теплоізоляції слід керуватися даними про властивості вогнестійкості, наведені у технічних умовах і стандартах на ці матеріали.
2. Міцність на стиск теплоізоляцій типу Т-3, Т-4 визначається за 10%-ної деформації.
3. Плити утеплювача в теплоізоляціях типу Т-1 і Т-5 для уникнення пошкоджень та зволоження рекомендується заздалегідь обклеювати руберойдом; обов'язкового попереднього обклеювання руберойдом потребують плити утеплювача типу Т-2 (із пінополістиролу) у випадку безпосереднього наклеювання на них покрівельного шару гарячими мастиками або мастиками, що містять розчинники.
4. Безпосереднє укладання покрівельних килимів на поверхню плитних утеплювачів з міцністю на стиск меншою ніж 1 кгс/см^2 (типи теплоізоляції Т-3 і Т-4) не допускається.
5. Безпосередній контакт теплоізоляції типу Т-1 зі сталевим профільованим настилом не допускається.

Основами під теплоізоляційний шар приймаються:

- для плитних утеплювачів з об'ємною масою до 300 кг/м^3 – поверхня пароізоляційного шару, вирівняна поверхня монолітного похилоутворюючого шару із легких бетонів, вирівняна поверхня несучих елементів покриття; тут слід передбачити локальне закріплення плит крапковим чи смуговим приклеюванням на площі не менше 50% або суцільне приклеювання їх до основи; на схилах 15% і більше - додаткове закріплення проти сповзання;
- для плитних утеплювачів з об'ємною масою 300 кг/м^3 і більше – поверхня пароізоляційного шару, вирівняні поверхні монолітного (із легких бетонів) чи сипкого (із керамзитного гравію) похилоутворюючого шару, вирівняна поверхня несучих елементів покриття при вкладанні таких плит насухо; на схилах 15% і більше слід передбачити закріплення плит проти сповзання; схил основи з сипкого похилоутворюючого шару не повинен перевищувати 5%;
- для монолітних і сипких утеплювачів – поверхня пароізоляційного шару, безпосередньо поверхня несучих елементів покриття; на схилах 15% і більше монолітний теплоізоляційний шар потребує додаткового закріплення проти сповзання; сипкі теплоізоляційні шари допускається застосовувати на схилах, що не перевищують 5%.

Примітки:

1. При застосуванні екструдованого пінополістиролу в інверсійних конструкціях суміщених дахів (покриття ПК-6, додат. 2 [4]) основою для теплоізоляційного шару служить поверхня покрівельного килима.
2. Допустиме навантаження на теплоізоляційні шари з утеплювачів міцністю 1 кгс/м^2 і менше не повинно перевищувати 10 кгс/м^2 .
3. У проектах будинків з покриттям із металевого профільованого настилу та теплоізоляційного шару з горючих і важкогорючих матеріалів необхідно передбачати заповнення: порожнин ребер настилу негорючими матеріалами (мінеральною ватою тощо) на довжину 250 мм ; місць примикань настилу до стін, деформаційних швів, стінок ліхтарів та до кожного боку гребенів і основ покриття.

1.2. Приклад розрахунку теплоізоляції

Слід розрахувати необхідну товщину теплоізоляційного шару суміщеного покриття виробничої будівлі з нормальним режимом експлуатації приміщень за внутрішньої температури $t_b = 19^\circ \text{C}$ та вологості повітря $\phi = 60\%$ в м. Бориспіль. Матеріал утеплювача – пінобетон з $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,13 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ \text{C}$ (за табл. 1 [4]).

Вихідними даними для розрахунку за формулами (1.1) і (1.2) є :

$$\alpha_b = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (\text{за табл. 5 [4]});$$

$$\alpha_3 = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (\text{за табл. 6 [4]});$$

$$n = 1 \quad (\text{за табл. 8 [4]});$$

$$t_3 = -26 ^\circ\text{C} \quad (\text{за табл. 10 [4] з врахуванням, що } D < 7 \text{ (табл. 7 [4]))}.$$

Теплову інерцію (D) підраховуємо у табличній формі для відповідного складу суміщеного покриття з використанням табл.1 [4].

Таблиця 1.2

До визначення теплової інерції (D) суміщеного покриття

№ з/п	Склад суміщеного покриття	Термічні опори R_i , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) та коефіцієнти теплотасвоєння S_i , ($\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
1.	Залізобетон плита товщиною 60 мм	$R_1 = 0,6/2,04 = 0,029$; $S_1 = 16,95$
2.	Пароізоляція з: а) одного шару руберойду,	$R_{2,1} = 0,015/0,17 = 0,088$; $S_{2,1} = 3,53$
	б) одного шару бітуму завтовшки 2 мм	$R_{2,2} = 0,02/0,17 = 0,118$; $S_{2,2} = 4,56$
3.	Пінобетон товщиною 100 мм	$R_3 = 0,1/0,13 = 0,77$; $S_3 = 1,95$
4.	Вирівнювальна цементно-піщана стяжка завтовшки 30 мм	$R_4 = 0,03/0,93 = 0,032$; $S_4 = 11,09$
5.	Повітряний прошарок завтовшки 1 мм	не враховується, див. прим. 1
6.	Покрівельний килим: 3-и шари руберойду по 3-х шарах бітуму завтовшки по 2 мм кожний; захисний шар бітуму (з вкрапленням гравієм) товщиною 3 мм	не враховується, див. прим. 2

Таким чином, тепла інерція покриття дорівнює:

$D = 0,029 \times 16,95 + 0,088 \times 3,53 + 0,118 \times 4,56 + 0,77 \times 1,95 + 0,032 \times 11,09 = 3,2$, а нормативний температурний перепад $\Delta t_H = 0,8(t_e - t_p) = 0,8(19 - 11,1) = 6,3 ^\circ\text{C}$ (за табл. 9 він приймається не більше 7). Тут температура точки роси ($t_p = 11,1 ^\circ\text{C}$) підбирається за величиною максимальної пружності водяної пари e_s . При $t_e = 19 ^\circ\text{C}$ за табл.11[4] знаходимо $E = 16,48 \text{ мм.рт.ст.}$. Тоді за відносної вологості $\phi = 60\%$ максимальна пружність водяної пари буде

рівною $e_6 = (E \times \varphi) / 100 = (16,48 \times 60) / 100 = 9,89 \text{ мм.рт.ст.}$. За тою ж самою табл. 11[4] по e_6 знаходимо температуру точки роси $t_p = 11,1^\circ\text{C}$.

Необхідний опір передачі тепла через покриття за формулою (1.2) складає

$$R_o^{nop} = \frac{1 \cdot (19 - (-26))}{6,3 \cdot 8,7} = 0,821 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

Тоді, необхідна товщина теплоізоляційного шару із пінобетону за формулою (1.1) повинна бути рівною

$$\delta = 0,13 \left(0,821 - \frac{8,7 + 23}{8,7 \cdot 23} \right) = 0,086 \text{ м}$$

Остаточно приймаємо товщину утеплювача 100 мм.

2. Розрахунок пароізоляції

2.1. Теоретичні основи розрахунку пароізоляції

Для захисту від зволоження теплоізоляційного шару (утеплювача) в покриттях будинків з вологим і мокрим режимами експлуатації слід передбачати пароізоляцію (нижче теплоізоляційного шару). Опір паропроникненню R_n ($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$) пароізоляційного шару визначається за формулою (2.1)

$$R_n = \delta / \mu, \quad (2.1)$$

де δ - товщина пароізоляційного шару (м);

μ - розрахунковий коефіцієнт паропроникнення матеріалу шару пароізоляції ($\text{мг} / \text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$), приймається за табл. 1[4].

Опір паропроникненню R_n пароізоляційних шарів слід приймати за табл. 3 основного тексту норм [4]. Він повинен бути не менше наступних величин:

а) необхідного опору паропроникненню R_{n1}^{nop} ($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$), який визначається за формулою (2.2) з умови недопустимості накопичення вологи в покритті за річний період експлуатації

$$R_{n1}^{nop} = \frac{(e_6 - E) \cdot R_{n3}}{E - e_3}; \quad (2.2)$$

б) необхідного опору паропроникненню R_{n2}^{nop} ($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$) горіщного перекриття чи частини конструкції вентилязованого суміщеного покриття, розміщеного між внутрішньою поверхнею покриття і повітряним прошарком у будинках прольотом до 24 м, який обчислюється за формулою (2.3)

$$R_{n2}^{nop} = 0,012(e_e - e_{3M}), \quad (2.3)$$

- де e_e - пружність водяної пари внутрішнього повітря ($Па$) при розрахунковій температурі і вологості цього повітря, визначається за табл. 11 [4];
- e_3 - середня пружність водяної пари зовнішнього повітря ($Па$) за річний період, визначається за табл. 12 [4];
- e_{3M} - середня пружність пари зовнішнього повітря ($Па$) періоду місяців з мінусовою середньомісячною температурою, визначається за табл. 10 і 12 [4];
- R_{n2} - опір паропроникненню ($м^2 \cdot год \cdot Па / мг$) частини суміщеної конструкції, розміщеної між зовнішньою поверхнею покриття і площиною можливої конденсації, обчислюється за формулою (2.1);
- E - пружність водяної пари ($Па$) в площині можливої конденсації, за річний період експлуатації, визначається за формулою (2.4)

$$E = \frac{1}{12} (E_1 Z_1 + E_2 Z_2 + E_3 Z_3), \quad (2.4)$$

- де E_1, E_2, E_3 - пружності водяної пари ($Па$) за відповідної температури в площині конденсації; визначаються з табл. 10 і 11 [4] при середній температурі зовнішнього повітря зимового, весняно-осіннього та літнього періодів відповідно;
- Z_1, Z_2, Z_3 - тривалість ($міс.$) зимового, весняно-осіннього і літнього періодів, яка приймається за табл. 10 [4] з врахуванням таких умов:
- а) до зимового періоду відносяться місяці з середніми температурами зовнішнього повітря нижче $-5^\circ C$;
 - б) до весняно-осіннього періоду відносяться місяці з середніми температурами зовнішнього повітря від $-5^\circ C$ до $+5^\circ C$;
 - в) до літнього періоду відносяться місяці з середніми температурами вище $+5^\circ C$.

Примітки:

1. При визначенні пружності e_3 для літнього періоду температуру в площині можливої конденсації в усіх випадках слід приймати не нижче середньої температури зовнішнього повітря літнього періоду, а

пружність водяної пари внутрішнього повітря e_e - не нижче середньої пружності пари зовнішнього повітря за цей період.

2. Площина можливої конденсації в однорідній (одношаровій) огорожувальній конструкції розміщується на відстані, що дорівнює 2/3 товщини конструкції від її внутрішньої поверхні, а в багатошаровій конструкції співпадає з зовнішньою поверхнею утеплювача.

Типи пароізоляцій, які охоплюють необхідний діапазон захисту від можливого зволоження теплоізоляційного шару, наведені в табл. 2.1.

Основою під пароізоляційний шар повинна служити ретельно вирівняна (шпаклівкою, затиркою чи штукатуркою) поверхня несучих елементів покриття; слід передбачати наклеювання рулонних накладок і компенсаторів, які запобігають руйнуванню пароізоляційного шару над стиковими сполученнями елементів покриття. В місцях примикання елементів покриття до стін, ліхтарів, шахт та інших конструкцій, що проходять через нього, пароізоляція повинна продовжуватись на висоту, рівну товщині теплоізоляційного шару; в місцях деформаційних швів пароізоляція повинна перекривати краї накладного компенсатора.

Таблиця 2.1

Типи пароізоляції

Тип пароізоляції	Матеріали пароізоляції	Товщина шару, мм	Опір паропроникненню, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
1	2	3	4
Фарбувальна			
П-1	Пофарбування гарячим бітумом за 1 раз	2	0,3
П-2	Те саме за 2 рази	4	0,48
П-3	Пофарбування бітумно-кукерсольною мастикою за 1 раз	1	0,64
П-4	Те саме за 2 рази	2	1,1
П-5	Пофарбування бітумною емульсійною пастою за 1 раз	2	0,28
П-6	Те саме за 2 рази	4	0,42
П-7	Пофарбування бітумно-каучуковою мастикою	1	1,36
П-8	Пофарбування каучуковою мастикою	1	1,74
Прокладкова			
П-9	Пергамін покрівельний	0,4	0,33
П-10	Руберойд покрівельний підкладковий	1,5	1,1

1	2	3	4
П-11	Поліетиленова плівка	0,2	7,3
Обклеювальна			
П-12	Руберойд, наклеєний на гарячий бітум і покритий зверху шаром бітуму (для приклеювання теплоізоляційних матеріалів)	5,5	1,68
П-13	Руберойд, наклеєний на гарячий бітум	3,5	1,36
П-14	Руберойд, наклеєний на бітумно-кукерсольну мастику і покритий шаром цієї мастики	3,5	2,17
П-15	Руберойд, наклеєний на бітумно-кукерсольну мастику	2,5	1,74

2.2. Приклад розрахунку пароізоляції

Необхідно підібрати склад пароізоляції для суміщеного покриття виробничої будівлі з нормальним режимом експлуатації приміщень за внутрішньої температури $t_b = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ та вологості повітря $\varphi = 60\%$ в м. Бориспіль. Матеріал утеплювача – пінобетон з $\gamma = 300\text{ кг/м}^3$.

Вихідними даними для розрахунку необхідного опору паропроникненню $R_{\text{пр}}^{\text{нб}}$ за формулами (2.2) і (2.3) є :

$e_6 = 9,89\text{ мм.рт.ст. або } 12,38\text{ гПа}$ (за табл.11 [] для Києва при $t_6 = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $\varphi = 60\%$);

$e_3 = 105,5/12 = 8,79\text{ гПа}$ (за табл. 12 []);

$e_{3\text{м}} = (3,8 + 4 + 4,8 + 4,7)/4 = 4,33\text{ гПа}$ (за табл.10 і 12 []);

Між зовнішньою поверхнею покриття і площиною можливої конденсації (поверхнею теплоізоляційного шару) знаходиться покрівельний килим. Його опір паропроникненню обчислимо в табличній формі (табл.2).

Таблиця 2

Опір паропроникненню покрівельного килиму

№ з/п	Склад покрівельного килиму суміщеного покриття	Опір паропроникненню $R_{\text{кр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
1	2	3
1.	Три шари руберойду	$3 \times 1,1 = 3,3$
2.	Три шари бітуму завтовшки по 2 мм кожний	$3 \times 0,3 = 0,9$

1	2	3
3.	Захисний шар бітуму завтовшки 3 мм з броньованою посипкою	$1,5 \times 0,3 = 0,45$
Разом $R_{n3} =$		4,65

Пружність водяної пари (Π_a) в площині можливої конденсації, за річний період експлуатації складе

$$E = \frac{1}{12}(3,81 \times 2 + 5,63 \times 3 + 16,09 \times 7) = 11,43 \text{ гПа} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^2,$$

при цьому:

$E_1 = 2,86 \text{ мм.рт.ст.}$ або $3,81 \text{ гПа}$ (за табл. 10 і 11 для $t_{cp} = -5,55^\circ\text{C}$);

$E_2 = 4,22 \text{ мм.рт.ст.}$ або $5,63 \text{ гПа}$ (за табл. 10 і 11 для $t_{cp} = -0,9^\circ\text{C}$);

$E_3 = 12,07 \text{ мм.рт.ст.}$ або $16,09 \text{ гПа}$ (за табл. 10 і 11 для $t_{cp} = 14,13^\circ\text{C}$);

$Z_1 = 2 \text{ міс.}, Z_2 = 3 \text{ міс.}, Z_3 = 7 \text{ міс}$ (для м. Бориспіль за табл. 10).

Необхідний опір паропроникненню із умови недопустимості накопичення вологи в суміщеному покритті за формулою (2.2) буде дорівнювати:

$$R_{n1}^{нор} = \frac{(12,38 - 11,43) \cdot 4,65}{11,43 - 8,79} = 1,67 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа/мг}.$$

За табл. 3 основного тексту норм [4] такий опір паро проникненню може забезпечити пароізоляційний килим із одного шару руберойду, наклеєного на гарячому бітумі, покритий зверху шаром гарячого бітуму з приклеюкою теплоізоляційного матеріалу ($R_n = 1,68 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа/мг}$), або пофарбування основи під теплоізоляційний шар каучуковою мастикою ($R_n = 1,74 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа/мг}$).

За наявності перекриття горищного даху або вентиляованого суміщеного покриття необхідний опір паропроникненню за формулою (2.3) повинен складати:

$$R_{n2}^{нор} = 0,012(12,38 - 4,33) = 0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа/мг}.$$

За табл. 3 основного тексту норм [4] такий опір паро проникненню може забезпечити одноразове пофарбування основи під теплоізоляційний шар гарячим бітумом ($R_n = 0,3 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа/мг}$) або прокладкова пароізоляція із одного шару пергаміну ($R_n = 0,33 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа/мг}$).

3. Розрахунок осушувальної вентиляції

3.1. Теоретичні основи розрахунку осушувальної вентиляції

Розрахунок вологісного режиму суміщених дахів передбачає забезпечення необхідних умов, які виключають конденсацію (накопичування) вологи в товщі конструкції.

Вирішальним заходом запобігання конденсації вологи в таких покриттях є влаштування в них повітряного прошарку, продуктів і каналів над поверхнею і в товщі теплоізоляційного шару при забезпеченні їх вентиляції зовнішнім

повітрям; відсутність при цьому конденсації водяної пари у товщі суміщеного покриття може бути забезпечена у випадку, коли різниця між кількістю пари, що надходить у повітряний прошарок через частину покриття, яке знаходиться під ним, і кількістю пари, яка може видалятися через частину покриття, яке знаходиться над ним, буде дорівнювати або меншою тієї кількості пари, видалення якої забезпечує вентиляція прошарку, продухів і каналів. Забезпечення цієї умови виражається розрахунковою залежністю (3.1)

$$\frac{e_6 - e_{np}}{\sum R_0^1} - \frac{e_{np} - e_3^{xol}}{\sum R_0^2} \leq m, \quad (3.1)$$

де e_6 - те саме, що і у формулах (2.2) та (2.3);

e_3^{xol} - середня величина пружності пари зовнішнього повітря (гПа) в холодний період року, обчислюється на основі вихідних даних з табл. 10 і 12 [] за формулою (3.2)

$$e_3^{xol} = \sum e^{xol} / N_{xol}, \quad (3.2)$$

де $\sum e^{xol}$ - сума середніх величин пружності пари зовнішнього повітря всіх місяців, які мають середню температуру меншу ніж -5°C ; визначається за табл. 10 і 12 [4];

N_{xol} - кількість місяців, які мають середню температуру меншу ніж -5°C ; приймається за табл. 10 [4];

e_{np} - пружність водяної пари (гПа) в повітряному прошарку, продухах і каналах, визначається з наступного рівняння регресії для холодного періоду:

$$e_{np} = a \cdot e_3^{xol} + b, \quad (3.3)$$

де a, b - числові значення коефіцієнтів, які відповідають тій чи іншій схемі вентиляції суміщених дахів; приймаються за табл. 13 [4];

$\sum R_0^1$ - сума опорів паропроникненню ($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа} / \text{мг}$) шарів покриття, які знаходяться нижче повітряного прошарку; обчислюються за формулою (2.1) і даними табл. 1 [4];

$\sum R_0^2$ - сума опорів паропроникненню ($\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа} / \text{мг}$) шарів покриття які знаходяться вище повітряного прошарку; визначаються за формулою (2.1) і даними табл. 1 [4];

m - кількість води ($\text{г} / \text{м}^2 \cdot \text{год}$), яка видаляється з товщі 1 м^2 суміщеного покриття з повітрям вентиляційної системи; визначається за формулою (3.4)

$$m = \frac{Q}{S} (f_e - f_{np}) k, \quad (3.4)$$

де f_e, f_{np} - відповідно, абсолютна вологість повітря ($г/м^3$) в приміщеннях під покриттям та повітряного прошарку в товщі покриття; визначаються за формулами (3.5) та (3.6)

$$f_e = 1,058 e_s \left/ \left(1 + \frac{t_e}{273} \right) \right., \quad (3.5)$$

$$f_{np} = 1,058 e_s \left/ \left(1 + \frac{t_z + 1}{273} \right) \right., \quad (3.6)$$

де t_z - середня температура зовнішнього повітря ($^{\circ}C$) в холодний період року; визначається за табл. 10 [4];

k - знижувальний коефіцієнт, який враховує здатність утеплювача накопичувати і віддавати вологу, визначається за номограмою рис. 2 [4];

S - площа поверхні покриття будівлі ($м^2$);

Q - кількість повітря, яке проходить через вентиляційну систему за добу ($м^3/год$); визначається за формулою (3.7)

$$Q = 3600 (v_{ни} \delta_{ни} l + v_{но} F_{но} + v_{кан} F_{кан}), \quad (3.7)$$

де $v_{ни}, v_{но}, v_{кан}$ - середня швидкість руху повітря в прошарку, продухах і каналах ($м/сек$); приймається за табл. 13 [4] в залежності від вибраної схеми вентиляційної системи

$\delta_{ни}$ - товщина повітряного прошарку ($м$), приймається 1 мм (0,001 м);

l - загальна довжина крайки повітряного прошарку ($м$), яка з'єднується з зовнішнім повітрям (здовж примикань і карнизів);

$F_{но}$ - сумарна площа поперечного перерізу всіх продухів і флюгарок ($м^2$), приймається за схемами табл. 14 [4] та рекомендованих приміток ;

$F_{кан}$ - сумарна площа поперечного перерізу всіх продухів і флюгарок ($м^2$), приймається за схемами табл. 14 [4] та рекомендованих приміток.

Виконання нерівності (3.1) залежить від вибору схеми вентиляційної системи, до якої найчастіше включаються повітряний прошарок, продухи, канали та інші елементи за варіантами, наведеними в табл. 14 [4]. Тому

остаточну схему вентиляційної системи підбирають методом послідовних наближень до повного виконання умови (3.1).

Елементами вентиляційних систем слід призначати (по мірі ускладнення): повітряний прошарок над шаром теплоізоляції; компенсатори з осушувальними патрубками; продухи з карнизними і рядовими флюгарками; канали з магістральними флюгарками.

Вентиляційні продухи і канали слід передбачати тільки в товщі негорючих теплоізоляційних матеріалів. Мінімальна межа вогнестійкості покрівельного килима при цьому повинна складати не менше ніж 0,5 год за мінімальної межі розповсюдження вогню, котра наближається до нуля.

На покриттях зі схилом до 10%, при наклеюванні покрівельного килима на поверхню вирівнювальних стяжок, основним і обов'язковим елементом вентиляційної системи повинен бути повітряний прошарок. Він розміщується під покрівельним килимом і сполучається із зовнішнім повітрям через свою відкриту крайку по периметру покриття. При переході від нормального до мокрого вологісного режиму експлуатації приміщень під покриттям вентиляційна система з повітряним прошарком доповнюється продухами і каналами у товщі теплоізоляційного шару.

На покриттях зі схилом понад 10%, а також при наклеюванні покрівельного килима безпосередньо на поверхню теплоізоляційного шару, застосування повітряного прошарку виключається. Основними елементами вентиляційних систем у таких випадках повинні бути повітряні продухи і канали у товщі теплоізоляційного шару, з'єднані з зовнішнім повітрям через систему флюгарок.

Для створення повітряного прошарку слід передбачати локальне (крапкове чи смугасте) приклеювання покрівельного килима до основи. Такі приклеювання повинні бути рівномірними та складати: крапкове 5% і смугасте 25% загальної площі покрівельного килима на схилах менше 2,5% та відповідно 10 і 30 % на схилах більше 2,5% і менше 5%; на схилах більше 5% і менше 10% – відповідно 15% і 35%; при крапковому локальному закріпленні слід передбачати наклеювання покрівельного килима через підкладку з перфорованого руберойду.

Трикутні компенсатори в поєднанні з повітряними прошарками передбачають розрізку під ним всієї товщі покрівельного килима (схема рис. 1 додат. 6 [4]). Це зумовлює наступне їх застосування: безпосередньо на поверхні покрівлі вздовж основних схилів покриття – в складі однопрогонових покриттів, незалежно від кута їх нахилу; тільки вздовж поперечних і поздовжніх гребенів водорозділів – у складі плоских (зі схилом до 10%) багатопрогонових покриттів; тільки вздовж поперечних гребенів водорозділів – в складі похилих багатопрогонових покриттів (зі схилом 10% і більше).

Для сполучення порожнин компенсатора з зовнішнім повітрям слід передбачати застосування осушувальних патрубків із оцинкованої покрівельної сталі або пластмаси з екрануючим захистом вихідного отвору.

Вентиляційні продухи слід передбачити завширшки 20 мм і глибиною, рівною товщині теплоізоляційного шару. При їх ширині до 20 мм утеплення дна продуху не потрібне. Утворення продуків забезпечується: розкладанням на покритті плит теплоізоляційного шару з утворенням між ними повітряних проміжків шириною 20 мм (такі пази у вигляді чітко окреслених ліній розрізають теплоізоляційний шар і через задану відстань повторюються вздовж схилу покриття); формуванням у товщі монолітного теплоізоляційного шару брусків-вкладишів завтовшки 20 мм з подальшим їх демонтажем після завершення процесу тужавіння матеріалу монолітного утеплювача; закладанням у товщу насипного утеплювача гнутого П-подібного профілю завширшки 20 мм із перфорованої оцинкованої покрівельної сталі.

Вентиляційні канали слід передбачати в товщі теплоізоляційного шару суміщених покриттів багатоповерхових будинків, а саме: на плоских покриттях (зі схилом до 10%) вздовж поперечних і поздовжніх гребенів водорозділів; на похилих покриттях (зі схилом 10% і більше) – тільки вздовж поперечних гребенів водорозділів. Канали повинні бути шириною 60-100 мм на всю товщину теплоізоляційного шару. Обов'язкове утеплення дна каналу здійснюється вкладишем у вигляді смуги із мінеральної вати товщиною 20 мм. Канал повинен перекриватися накладками з оцинкованої покрівельної сталі або листової пластмаси.

Для сполучення продуків і каналів із зовнішнім повітрям слід передбачити застосування прикаризових, рядових та магістральних флюгарок із оцинкованої покрівельної сталі чи пластмаси з екрануючим захистом вихідного отвору.

3.2. Приклад розрахунку осушувальної вентиляції

Розробити схему вентиляції для суміщеного покриття, конструкція і умови експлуатації якого розглянуті у прикладах 1 та 2, при такому доповненні: у складі покриття на поверхні теплоізоляційного шару із пінобетону передбачено влаштування вирівнюючої стяжки завтовшки 30 мм із цементно-пісчаного розчину з наклеююю по ній покрівельного килима на підкладці із перфорованого руберойду, що забезпечує створення повітряного прошарку завтовшки 1 мм між покрівельним килимом і поверхнею стяжки. Покриття будівлі багатопрольотне плоске, величина прольоту 18 м.

Виходячи з умов задачі, прийнятною схемою вентиляції зазначеної будівлі може бути одна з трьох (КН-2, КН-5 або КН-8), наведених у табл. 14 [4]. Вихідними даними для перевірки, яка з цих схем задовольняє розрахункову залежність (3.1), будуть:

$$e_s = 9,89 \text{ мм.рт.ст. або } 12,38 \text{ гПа} \quad (\text{за табл.11 [4] для Борисполя при } t_s = 19^\circ\text{C і } \varphi = 60\%);$$

$$e_s^{\text{хол}} = (3,8 + 4) / 2 = 3,9 \text{ гПа} \quad (\text{за табл. 12 [4] для Борисполя } N = 2 \text{ і } \sum e_s^{\text{хол}} = 3,8 + 4);$$

$$e_{np}=0,66 \times 3,9 + 2,01 = 4,62 \text{ гПа}$$

(за табл. 13 [4] для системи вентиляції типу КН $a=0,66$ і $b=2,01$).

Сумарний опір паропроникненню шарів покриття, які знаходяться нижче повітряного прошарку обчислимо в табличній формі (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Сумарний опір паропроникненню нижньої частини покриття

№ з/п	Склад покрівельного килиму суміщеного покриття	Опір паропроникненню $R_{гз}$, $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{г}$
1.	Залізобетон завтовшки 60 мм	0,06:0,03=2,0 ($\mu=0,03$ за табл. 1 [4])
2.	Пароізоляція з: а) одного шару руберойду	1,1 (за табл. 3 основного тексту [4])
	б) одного шару бітуму товщиною 2мм	0,3(за табл. 3 основного тексту [4])
3.	Пінобетон завтовшки 100 мм	0,1:0,23=0,43 ($\mu=0,23$ за табл.1 [4])
4.	Вирівнювальна цементно-піщана стяжка завтовшки 30 мм	0,03:0,09=0,33 ($\mu=0,09$ за табл.1 [4])
Разом $\Sigma R_o^I =$		4,16

Сумарний опір паропроникненню шарів покриття, які знаходяться вище повітряного прошарку вже був обчислений раніше (див. приклад 2) і склав

$$\Sigma R_o^2 = 4,65 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{гПа} / \text{г}.$$

Кількість вологи, яка видаляється з товщі 1 м^2 суміщеного покриття з повітрям вентиляційної системи, за формулою (3.4) становить

$$m = \frac{788.5}{3240} (12,29 - 4,97) \cdot 0,65 = 1,156 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год},$$

де абсолютна вологість повітря в приміщеннях під покриттям та повітряного прошарку в товщі покриття рівна відповідно

$$f_e = \frac{1,058 \times 12,38}{1 + \frac{18}{273}} = 12,29, \quad f_{np} = \frac{1,058 \times 4,62}{1 + \frac{-5,55 + 1}{273}} = 4,97;$$

середня температура зовнішнього повітря в холодний період року за табл. 10

[4] для м. Бориспіль становить $t_3 = ((-5,9) + (-5,2))/2 = -5,55 \text{ } ^\circ\text{C}$;

знижувальний коефіцієнт, який враховує здатність утеплювача (пінобетону)

накопичувати та віддавати вологу за номограмою рис. 1 складає $k=0,65$;

площа поверхні покриття будівлі за схемою рис. 2 рівна $S=60 \times 54=3240 \text{ м}^2$.

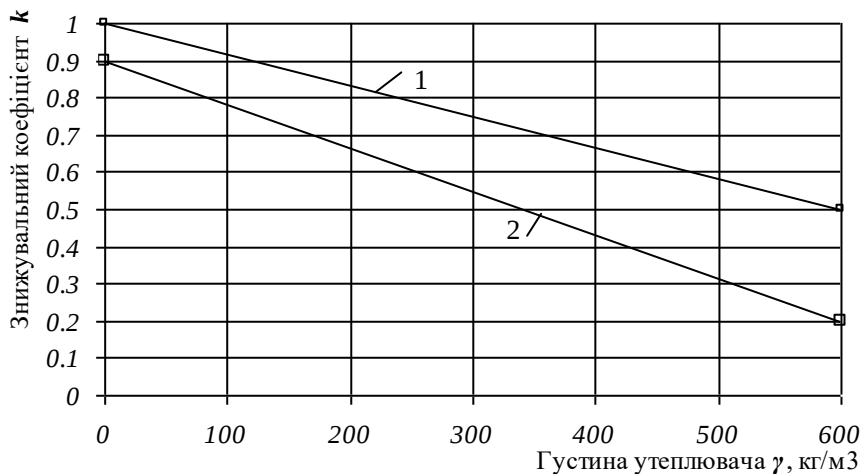


Рис.1. Номограми для визначення знижувального коефіцієнта вологовіддачі утеплювачів: 1-заводських плитних та насипних; 2-монолітних

При розміщенні елементів вентиляційної системи за схемою, наведеною на рис. 2,а , через неї за добу буде проходити наступний об'єм повітря

$Q=3600(0,2 \times 0,228 + 0,4 \times 0,016 + 0,6 \times 0,024 + 0,6 \times 0,1104 + 0,6 \times 0,044) = 788,5 \text{ м}^3$,
де сумарні площі поперечного перерізу кожного з елементів вентиляційної системи відповідно рівні $\delta_{ни} \cdot l = 0,001(2 \times 54 + 2 \times 60) = 0,228 \text{ м}^2$;

$$F_{no} = 8(0,1 \times 0,02) = 0,016 \text{ м}^2; \quad F_{\phi\phi} = 6(0,1 \times 0,04) = 0,024 \text{ м}^2;$$

$$F_{кан} = 23(0,08 \times 0,06) = 0,1104 \text{ м}^2; \quad F_{\phi\kappa} = 16(0,15 \times 0,06) = 0,144 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт вентиляції вищеприйнятої системи дорівнює $(0,228 + 0,016 + 0,024 + 0,1104 + 0,144) : 3240 = 0,00016$. За табл. 13 [4] при коефіцієнті вентиляції більше ніж 0,0001 середня швидкість руху повітря в кожному з елементів вентиляційної системи становить відповідно

$$V_{ни} = 0,2 \text{ м}^2/\text{с}; \quad V_{no} = 0,4 \text{ м}^2/\text{с}; \quad V_{кан} = 0,6 \text{ м}^2/\text{с}; \quad V_{\phi} = 0,6 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Перевіряємо придатність вибраної схеми вентиляції КН-2 через виконання умови (7)

$$\frac{12,38 - 4,62}{4,16} - \frac{4,62 - 3,9}{4,65} = 1,71 > 1,156.$$

Так як кількість водяної пари, яку здатна видалити вентиляційна система $(1,156 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год})$, менша об'єму водяної пари, що надходить у товщу суміщеного покриття $(1,710 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год})$, то схема вентиляції КН-2 є непридатною для реалізації.

Розглянемо схему КН-5 (рис. 2,б). При розміщенні елементів вентиляції за цією схемою матимемо

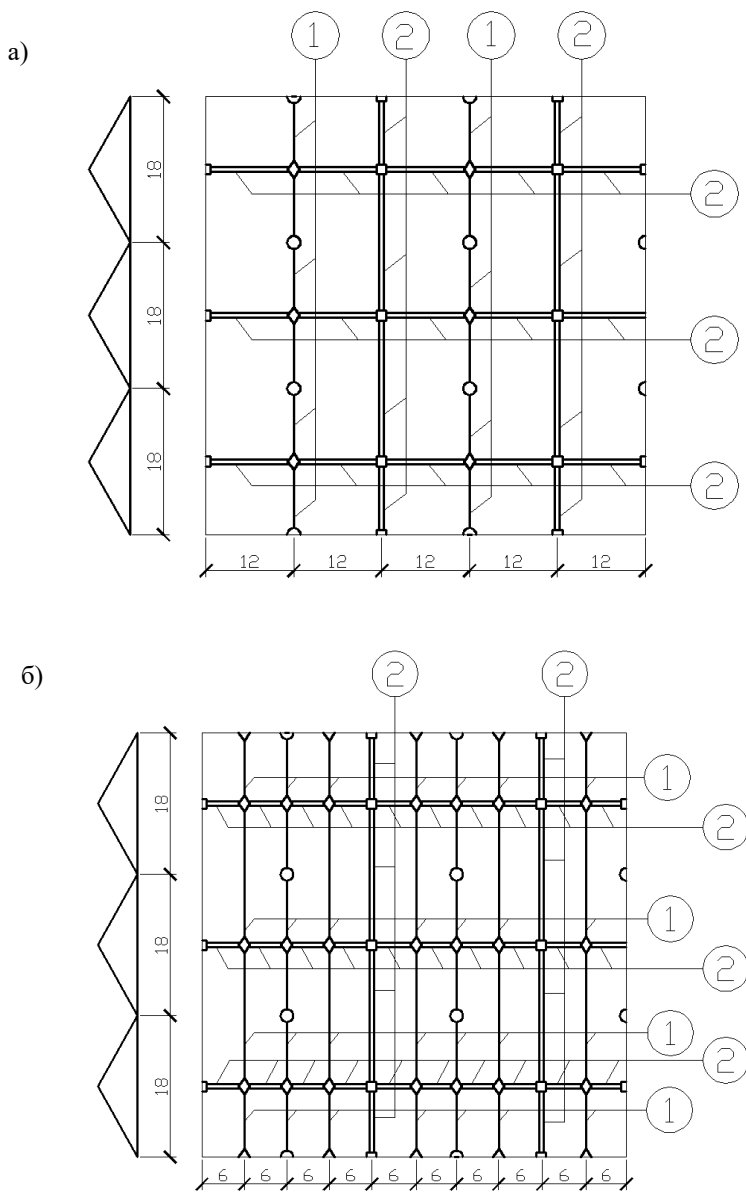


Рис.2. Варіанти схеми вентиляції: а) за схемою КН;
б) за схемою КН-4; 1 – продухи; 2 – канали

$$Q=3600(0,2 \times 0,228+0,4 \times 0,056+0,6 \times 0,124+0,6 \times 0,1824+0,6 \times 0,144)=1216,8 \text{ м}^3,$$

$$\text{де } \delta_{\text{ни}} \cdot l=0,001(2 \times 54+2 \times 60)=0,228 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{но}}=28(0,1 \times 0,02)=0,056 \text{ м}^2; F_{\text{фд}}=31(0,1 \times 0,04)=0,124 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{кан}}=38(0,08 \times 0,06)=0,1824 \text{ м}^2; F_{\text{фк}}=16(0,15 \times 0,06)=0,144 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт вентиляції для нової схеми рівний $(0,228+0,056+0,124+0,1824+0,144):3240=0,00023$. Відповідно до табл. 13 [] за такого коефіцієнта вентиляції середня швидкість руху повітря в кожному з елементів вентиляційної системи складатиме відповідно $V_{\text{ни}}=0,2 \text{ м}^2/\text{с}$; $V_{\text{но}}=0,4 \text{ м}^2/\text{с}$; $V_{\text{кан}}=0,6 \text{ м}^2/\text{с}$; $V_{\text{ф}}=0,6 \text{ м}^2/\text{с}$.

Тоді кількість вологи, яка видаляється з товщі 1 м² суміщеного покриття з повітрям вентиляційної системи становить

$$m=\frac{1216,8}{3240}(12,29-4,97)0,65=1,787 \text{ г/м}^2\cdot\text{год}.$$

Оскільки об'єм водяної пари, яку здатна видалити вентиляційна система, більший за кількість водяної пари, що надходить у товщу суміщеного покриття $(1,710 \text{ г/м}^2\cdot\text{год})$, то вентиляційна система за схемою КН-5 може бути прийнятою до реалізації.

Завдання до самостійної роботи

1. Визначити необхідну товщину теплоізоляційного шару суміщеного даху для матеріалу, що наведений у відповідному варіанті.

Варіанти до завдання №1

№ варіанта	Матеріали теплоізоляції
1	2
2	Плити з резольнофенолформальдегідного пінопласту (ГОСТ 20916-87)
4	Плити пінополістирольні (ГОСТ 15588-86)
5	Плити з екструдованого пінополістиролу (ГОСТ РФ NHV.900 1.4.0291)
6	Мінераловатні плити на синтетичному і бітомному в'язучому жорсткі (ГОСТ 12394-66) та напівжорсткі (ГОСТ 10140-82. ГОСТ 9573-82)
7	Перлітофосфогелеві плити (ТУ 21 України 512-92)
8	Перлітопластбетонні плити (ТУ 480-1-145-85)
9	Плити теплоізоляційні полістирол бетонні (ТУ 21 України 315-92)

10	Плити з піноскла (ТУ 21 БРСР 86-73)
11	Плити деревоволокнисті (ГОСТ 4596-86), деревостружкові (ГОСТ 26816-86) та фібролітові (ГОСТ 8928-81)
12	Плити пінополіуретанові (ТУ 8-56-70, ТУ 67-78-75, ТУ 67-98-75)
13	Плити з арболіту (ГОСТ 19222-84)
14	Плити з ніздрюватих бетонів (газо- та пінобетони, ТУ 234 УРСР 386-91)
15	Плити з легких бетонів (керамзитобетон, перлітобетон, ТУ 400-1-63-72)
16	Легкі теплоізоляційні бетони монолітного укладання (ГОСТ 25820-83)
17	Гравій керамзитовий (ТУ 234 УРСР 406-86)

2. Слід розрахувати необхідну товщину теплоізоляційного шару суміщеного покриття виробничої будівлі з нормальним режимом експлуатації приміщень за внутрішньої температури $t_b = 19^{\circ}\text{C}$ та вологості повітря $\varphi = 60\%$ для міста і матеріалу, що наведені у відповідному варіанті.

Варіанти до завдання №2

№ варіанта	Матеріали теплоізоляції	Місто
1	2	3
2	Плити з резольнофенолформальдегідного пінопласту	м. Київ
4	Плити пінополістирольні	м.Одеса
5	Плити пінополіуретанові	м. Миколаїв
6	Мінераловатні плити на синтетичному в'язучому жорсткі	м. Херсон
7	Перлітофосфогелеві плити	м. Суми
8	Перлітопластбетонні плити	м. Чернігів

9	Плити полістирольні	м. Житомир
10	Плити з газоскла	м. Львів
11	Плити з піноскла	м. Вінниця
12	Плити деревоволокнисті	м. Запоріжжя
13	Плити з екструдованого пінополістиролу	м. Тернопіль
14	Плити деревостружкові	м.Полтава
15	Плити фібролітові	м.Харків

Рекомендована література

1. Роджерс Т.С. Проектирование теплозащиты зданий/ Пер. с англ. Л.Ф. Янкелеева. –М.: Стройиздат, 1966. –228 с.
2. Умняков П.Н. Теплоизоляция ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. –М.: Стройиздат, 1978. –160 с.
3. Справочник по теплозащите зданий/В.П. Хоменко, Г.Г. Фаренюк. –К.: Будівеньник, 1986. –216 с.
4. ДБН В.2.6-14-95. Конструкції будинків і споруд. Покриття будинків і споруд. Т.1. Проектування. –К.: Держбуд України, 1998.- 85 с.

Навчально-методичне видання
Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з курсу “ Енергозберігаючі
технології в будівництві ” (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності
192 будівництво та цивільна інженерія) / Укл.: В.А. Настоящий, В.В. Дарієнко. –
Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 25с.

Укладачі: В.А. Настоящий, В.В. Дарієнко.
Редактор В.В. Яцун.
Комп'ютерний набір та верстка Н.А. Томаченко
Тиражування на різнографі Ю.М. Рубан

Здано до друку __.__.2018. Підписано до друку " ____ " 2018р.

Формат 60х84 1/16 (А5). Папір газетний. Умов. друк. арк. 1,5.

Тираж 150 прим. Зам. № ____/2018.

РВЛ ЦНТУ. м. Кропивницький, пр. Правди, 70-А. Тел.: 597-541, 559-245.