

23,736 і 5,494 – коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом, із розмірністю (за їх розрахунком) відповідно $(\text{м} \cdot \text{К}^2)/\text{Вт}$, К , $\text{Вт}/\text{м}^2$.

При заглибленні утеплювача на 1,0 – 2,0 м нижче за денну поверхню мінімально допустиме значення опору теплопередачі для III температурної зони при $t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$ наближено можна визначити за формулою (2). Зменшення заглиблення утеплювача веде до зниження його ефективності, і, як наслідок, до збільшення його товщини. Закладання зовнішнього утеплювача глибше ніж 2 м суттєво не впливає на тепловтрати підлогою на ґрунті.

Література

1. Бек-Булатов, А. И. Фундаменты мелкого заложения с применением плит «Пеноплэкс®» / А. И. Бек-Булатов // *Строит. материалы*. – 2007. – №3. – С. 16 – 17.
2. Умнякова, Н. Утепление подвалов и фундаментов [Электронный ресурс] / Н. Умнякова, А.Матвиевский; ОАО «МАКСМИР». – Режим доступа: <http://www.hnou-hause.ru/avtor/tech12.html>
3. Термоизоляция цокольной и подвальной части здания. Указания по утеплению цоколя и подвала здания плитами URSA XPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ursa.com.ua/services_411.htm
4. Применение экструдированного пенополистирола TEPLEX для утепления цоколя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.everest-ao.ru/teplex_foundation_02.html
5. Семко, О.В. Аналіз внутрішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті / О. В. Семко, О. І. Філоненко // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – Вип.21. – С. 100 – 105.
6. Філоненко, О.І. Аналіз зовнішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті // *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов*. – Д.: ПГАСА, 2008. – Вып. 47. – С. 677 – 684.
7. ДБН В. 2.6-31-2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляції будівель. – К.: Держбуд України, 2006. – 71 с.

Надійшла до редакції 21.04. 2011

© О.І. Філоненко

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВНЕШНЕЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ФУНДАМЕНТНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ III ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗОНЫ

Продолжено исследование проблемы снижения теплопотерь через полы, основанные на грунте. Приведены результаты изучения геометрических параметров вертикального внешнего утепления фундаментной зоны гражданских зданий для климатических условий III температурной зоны Украины.

Ключевые слова: фундамент, пол, потери тепла, теплоизоляция.

GEOMETRICAL PARAMETERS OF AN EXTERNAL THERMAL PROTECTION OF A BASE ZONE FOR ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF A III TEMPERATURE ZONE

A problem of decrease in losses of heat through a floor on a ground is continued in research. The results of geometrical parameters research of vertical base zone external warming of civil buildings for environmental conditions of a III temperature zone of Ukraine.

Keywords: the base, floor, heat losses, a thermal protection.

В.В. Чернявський, к.т.н., професор, **О.І. Юрін**, ст. викл., **О.В. Скиба**, магістрант

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ ВЕНТИЛЬОВАНОГО ПОВІТРЯНОГО ПРОШАРКУ У ФАСАДНИХ СИСТЕМАХ «МАРМОРОК»

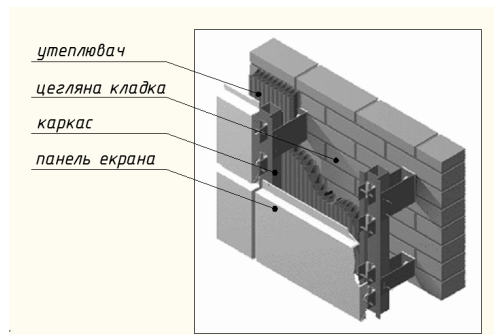
У роботі наведено результати аналізу температурно-вологісного режиму у вентилязованому прошарку фасадної системи типу «Марморок». Отримано залежності конструктивних параметрів прошарку та стіни за умови недопущення туманоутворення у вентилязованій порожнині.

Ключові слова: фасадні системи, конструктивні параметри вентилязованого прошарку, температурно-вологісний режим.

Постановка проблеми. У наш час усе більшого розповсюдження набувають вентилявані фасадні системи з «важким» зовнішнім шаром опорядження (див. рис.1), який виконується з:

- 1) плиток «Марморок» (кам'яна крихта на цементному в'язучому з водовідштовхувальним покриттям);
- 2) керамічних і керамогранітних плит, у тому числі плит керамічних AGROB BUCUTAL KerAion фірми «DEUTSCHE STEINZEUG Cremer & Brener AG» (завод у м. Шварценфельд, Німеччина); плит із керамічного граніту MIRAGE фірми «MIRAGE Granito Ceramico S.p.A» (Італія), плит з керамічного граніту MARAZZI фірми «MARAZZI GRUPPO CERAMICHE S.p.A» (Італія);
- 3) касетних панелей з композитного листового матеріалу типу «Alucobond», «Alpolic», керамічних, керамогранітних плит і плит із натурального каменю;
- 4) фіброцементних облицювальних плит «Cem-Stone», «Супор», «CemColor», «CemColor Structure», «CemColor Structure - E»;
- 5) облицювальних плит з натурального каменю: граніту, габро або іншого природного каменю.

а)



б)

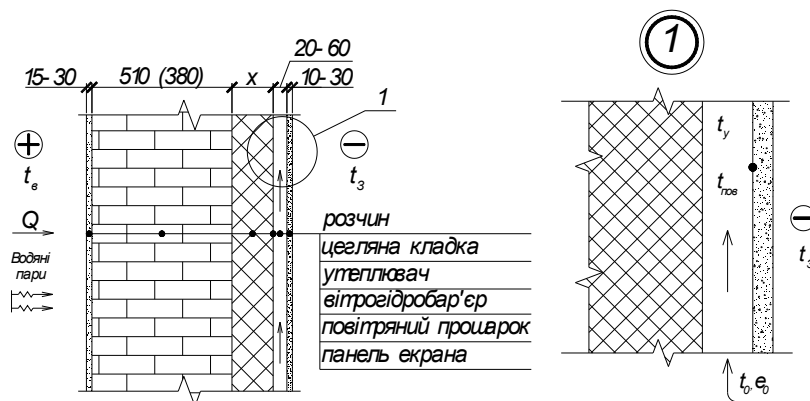


Рисунок 1 – Фасадна система з вентиляваним повітряним прошарком:
а) фрагмент фасадної системи; б) розрахункова схема фасадної системи

Ці системи менш уразливі від зовнішнього впливу навколишнього середовища та більш довговічні порівняно з фасадними системами з опоряджувальним шаром штукатурками. Підвищення вологості утеплювача сприяє зниженню опору теплопередачі зовнішнього огороження. Для зменшення його вологості, запобігання вологонакопиченню у товщі конструкції, а також підвищення теплостійкості конструкції і влаштовується вентиляований повітряний прошарок. Він вентилюється зовнішнім повітрям із малим умістом вологи. При проходженні повітря по прошарку його відносна вологість постійно збільшується за рахунок пароподібної вологи, яка потрапляє в нього, рухаючись через огороження з приміщення. При малій товщині вентиляованого прошарку та великій його довжині відносна вологість повітря у прошарку може підвищитися до 100 %, що призведе до утворення туману в прошарку й зволоження утеплювача. Температура на внутрішній поверхні зовнішнього шару опорядження $t_{нов}$ (див. рис.1) при відносно високій пружності водяної пари може виявитися менше точки роси, що призводить до конденсації водяної пари на цій поверхні.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми використання вентиляованих повітряних прошарків в опоряджувальних конструкціях, їх впливу на температурно-вологісний режим конструкцій науковці як нашого Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка [1–5], так і за його межами [6–8], приділяли значну увагу ще задовго до офіційної появи самих термінів «фасадні системи» чи «вентилювані фасадні системи» та виходу відповідних державних норм [9].

Повітряний прошарок можливо вважати вентиляованим за рахунок організації руху повітря в ньому при утворенні вентиляційних отворів площею не менше 1500 мм² на 1 м² поверхні опоряджувального шару в зонах сполучення конструкцій теплоізоляції із цоколем та парапетом чи межею ярусу. Державні норми по теплоізоляції будівель [10] узагальнено регламентують, що вентиляовані повітряні прошарки мають бути завтовшки не менше ніж 40 мм і не більше ніж 150 мм, а оптимальною товщиною такого прошарку в стінах вважається товщина від 60 до 100 мм. Тому актуальними є дослідження експлуатаційних характеристик таких прошарків та їх впливу на температурно-вологісний режим огороження з урахуванням теплотехнічних характеристик «важкого» екрана, зокрема плиток «Марморок».

Метою дослідження було виявити, по-перше, оптимальні розміри вентиляованого повітряного прошарку (товщина та довжина), при яких відносна вологість повітря у кінці прошарку не досягатиме 100 %, а температура на внутрішній поверхні шару опорядження не буде досягати точки роси; по-друге, вплив на нормальну роботу повітряного прошарку товщини цегляної кладки та виду утеплювача, що використовується.

Виклад основного матеріалу. Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області. Розрахункова температура внутрішнього повітря приймалася +20 °С, а його відносна вологість – 55 %. Розрахункова температура зовнішнього повітря – -30 °С (температура холодної доби забезпеченістю 0,98), відносна вологість – 87 %. На початку дослідження була прийнята конструкція зовнішнього огороження з товщиною цегляної кладки 0,51 м, утеплювачем із мінеральної вати щільністю 150 кг/м³, теплопровідністю 0,066 Вт/(м·К) та товщиною 0,13 м. Дослідження виконувалися для діапазону товщини прошарку від 0,01 до 0,06 м. Визначалася максимально можлива довжина прошарку, при якій відносна вологість повітря у кінці прошарку не сягатиме 100 %, а температура на внутрішній поверхні шару опорядження – точки роси. Мінімальна довжина приймалася рівною розміру плити – 1м. Подальше збільшення довжини прошарку приймалося кратним цьому розмірові.

Максимальна пружність водяної пари повітря у кінці прошарку визначалася за його температурою, яка обчислювалася за формулою

$$t_y = \frac{(k_e \cdot t_e + k_s \cdot t_s) + \left[(\tau_0 \cdot (k_e + k_s) - (k_e \cdot t_e + k_s \cdot t_s)) \right] \cdot \exp^{-B \cdot (k_e + k_s) \cdot h / WC}}{k_e + k_s}, \quad (1)$$

де $k_6; k_3$ – коефіцієнти теплопередачі відповідно внутрішньої та зовнішньої частин до середини товщини прошарку, Вт/(м²·К); t_6, t_3 – відповідно температура внутрішнього й зовнішнього повітря, °С; h – довжина прошарку, м; W – витрати повітря у прошарку, кг/(м·год); C – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·К).

Фактична пружність водяної пари в кінці повітряного прошарку визначалася за формулою

$$e_y = \frac{(M_B \cdot e_B + M_3 \cdot e_3) + [e_0 \cdot (M_6 + M_3) - (M_6 \cdot e_6 + M_3 \cdot e_3)] \cdot \exp^{-[n \cdot (M_6 + M_3) \cdot h_i / W \cdot B]}}{M_6 + M_3}, \quad (2)$$

де $M_6; M_3$ – показники паропроникнення відповідно внутрішньої та зовнішньої частин стіни, мг/м²·год·Па; e_6, e_3 – дійсна пружність водяної пари відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря, Па; e_0 – пружність водяної пари повітря, що входить у повітряний прошарок, Па; n, B – коефіцієнти.

Якщо фактична пружність дорівнюватиме або перевищуватиме максимальну, то надлишок пароподібної вологи буде утворювати туман, який зволожуватиме утеплювач.

Температура на внутрішній поверхні зовнішнього шару опорядження, екрана, обчислювалася за формулою

$$t_{нов} = t_y - \frac{R_{ВПекр} \cdot (t_y - t_3)}{R_{\Sigma екр}} = t_y - \frac{R_{ВПекр} \cdot (t_y - t_3)}{R_{ЗПекр} + R_{екр} + R_{ВПекр}}, \quad (3)$$

де t_y – температура повітря у кінці повітряного прошарку, °С;

$R_{\Sigma екр}; R_{ЗПекр}; R_{екр}; R_{ВПекр}$ – відповідно опори теплопередачі, тепловіддачі, термічний і теплосприйняття екрана, м²·К/Вт.

Температура точки роси визначалася за величиною максимальної пружності водяної пари повітря у кінці прошарку.

Залежності максимально можливої довжини прошарку від його товщини за умови виключення можливості утворення туману в прошарку наведені на рис. 2.

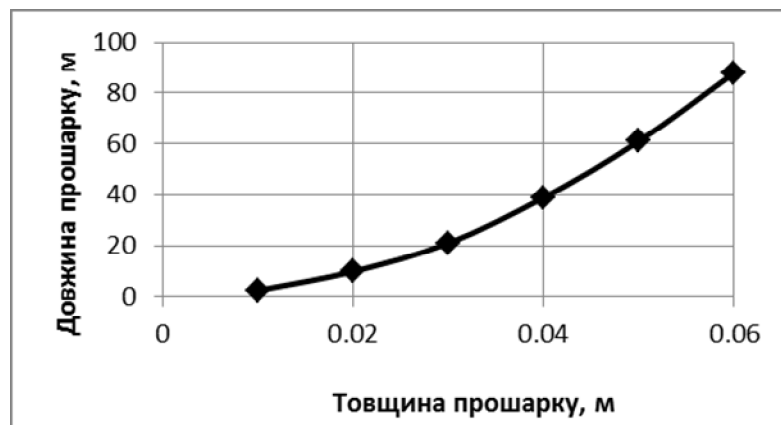


Рисунок 2 – Залежність максимально можливої довжини прошарку від його товщини

Мінімальною довжиною прошарку можна вважати висоту поверху, для більшості житлових будинків ця величина дорівнює 3 м.

Як видно з графіка, цій вимозі відповідає прошарок мінімальною товщиною 0,012 м. У той же час облаштування вентиляційних прошарків на висоту поверху не ефективно як з експлуатаційної, так і з конструктивної точок зору (мала інтенсивність повітряних потоків, значно вища трудомісткість та вартість).

На другому етапі досліджувався вплив товщини цегляної кладки на максимально можливу довжину повітряного прошарку. Порівнювалися конструкції з товщиною цегляної кладки 0,51 та 0,38 м при товщині прошарку 0,04 м. Зменшення товщини цегляної кладки призводить до зменшення можливої довжини вентиляційного

прошарку з 39 до 24 м. Пояснюється це тим, що при зменшенні товщини цегляної кладки опір паропроникненню несучої частини огороження зменшується, що спричиняє підвищення кількості пароподібної вологи, яка надходить у прошарок.

На третьому етапі виявлявся вплив виду утеплювача на максимальну довжину повітряного прошарку. Розглядалося два види утеплювача: мінеральна вата зі щільністю 150 кг/м^3 теплопровідністю $0,066 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ та пінополістирол з відповідно 50 кг/м^3 та $0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ при фіксованій товщині прошарку $0,04 \text{ м}$. Застосування пінополістиролу призводить до збільшення максимально можливої довжини прошарку на 41% (50%) порівняно з мінеральною ватою при товщині цегляної кладки $0,51 \text{ м}$ ($0,38 \text{ м}$). Пояснюється це значно нижчою порівняно з мінеральною ватою паропроникністю пінополістиролу, що обумовлює збільшення опору паропроникненню та, як наслідок, зменшення кількості пароподібної вологи, що надходить у прошарок. На рис. 3 наведені отримані залежності максимально можливої довжини від товщини прошарку, товщини цегляної кладки стіни й матеріалу утеплювача за умови ліквідації можливості туманоутворення та конденсату в прошарку, які дозволяють для кліматичних умов Полтавської області вибрати оптимальну товщину повітряного прошарку залежно від прийнятої його довжини (на поверх, ярус чи висоту будівлі), товщини цегляної кладки й виду утеплювача.

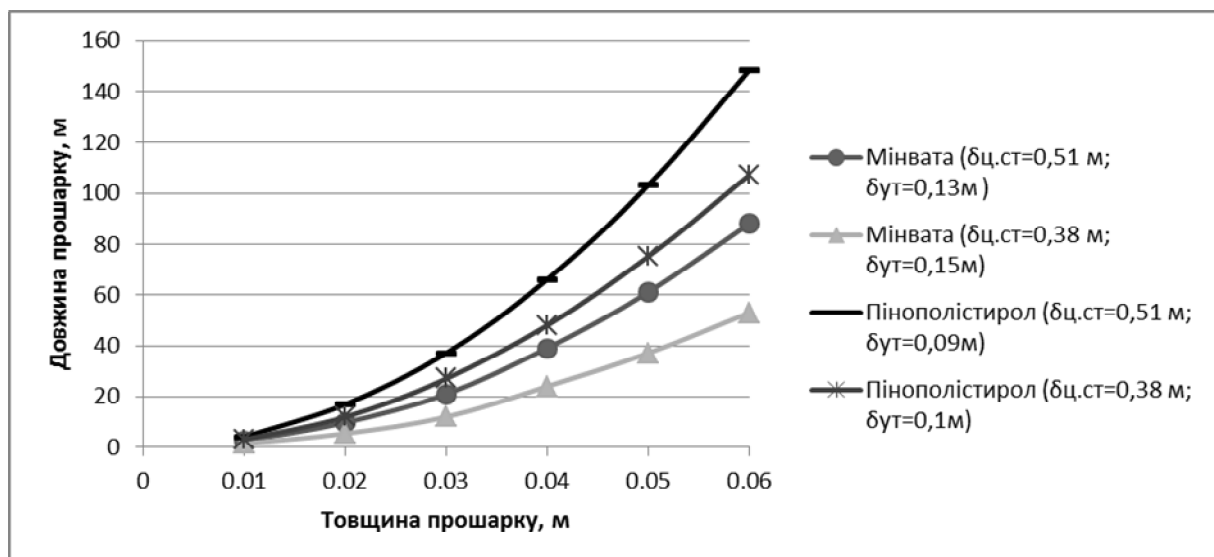


Рисунок 3 – Графік залежності максимально можливої довжини прошарку від його товщини, товщини цегляної кладки та матеріалу утеплювача

Висновки. Проведений аналіз температурно-вологісного режиму вентильованих прошарків фасадних систем типу «Марморок», облаштованих по цегляних несучих стінах житлових будинків, дає можливість стверджувати, що при достатньому рівні теплозахисту для створення нормальних умов експлуатації системи необхідно забезпечити і відсутність процесів туманоутворення в самому прошарку.

Цей процес стає неможливим при забезпеченні мінімальної товщини прошарку 55 мм .

При облаштуванні системи на стінах із меншим опором паропроникненню (стіни товщиною $0,38 \text{ м}$ чи інший більш паропроникний матеріал) мінімальна товщина прошарку збільшується в середньому на 27% . Застосування утеплювачів із меншою паропроникністю (наприклад, пінополістиролу замість мінвати) дає можливість, навпаки, зменшити мінімально можливу товщину прошарку на 25% . Пояснюється це збільшенням опору паропроникненню внутрішньої частини стіни та, як наслідок, зменшення кількості пароподібної вологи, що надходить у прошарок.

Література

1. Могилат, А.Н. Расчет воздушных прослоек с переменной толщиной стенок / А.Н. Могилат, В.В. Чернявский // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – №8. – С.83–87.

2. Чернявский, В.В. К вопросу определения локальных коэффициентов теплообмена для вертикальных воздушных прослоек / В.В. Чернявский // Депонир.: во ВНИИИС рукопись 17.01.86 г., №6508 / ПолтИСИ. – Полтава, 1986. – 17 с.
3. Чернявский, В.В. Расчет воздушных прослоек с переменной толщиной стенок с использованием ЭВМ / В.В. Чернявский, А.М. Пужай // Труды 42-й науч. конф. ПолтИСИ.–Полтава – Кобеляки: МРТ, 1990. – С. 61–62.
4. Чернявский, В.В. Эффективные наружные ограждения с полимерными слоями и воздушными прослойками / Конструктивные признаки и теплофизические аспекты: дис... канд.техн.наук: 05.23.01 / В.В. Чернявский. – МИИТ. – М., 1991. – 275 с.
5. Чернявський, В.В. Обґрунтування алгоритму розрахунку вентиляованих повітряних прошарків з перемінною товщиною стінок / В.В. Чернявський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Вип. 13. – Рівне, 2005. – С. 283–289.
6. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
7. Беляев, В.С. Энергоэкономные вентилируемые наружные ограждающие конструкции / В.С. Беляев, Т. Сумбатьянц // Индустриальные бетонные конструкции жилых и общественных зданий: материалы симпозиума. Сб. №1. – М., 1984. – С. 95–97.
8. Lis, P. Potencjalny efekt eonomiczny racjonalizacja ciepła do ogrzewania lokalnej grupy budynków edukacyjnych // P. Lis, W. Novak / International seminar ENERGOPDOM. – Krasow, 2006, part 2. – P. 433–441.
9. ДБН В.2.6. – 33: 2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації / за участі Чернявського В.В. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 24 с.
10. ДБН В.2.6. – 31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель / за участі Чернявського В.В. – К.: Мінбуд України, 2006. – 65 с.

Надійшла до редакції 08.12. 2010

© В.В. Чернявський, О.И. Юрін, О.В. Скиба

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗМЕРОВ ВЕНТИЛИРОВАННОЙ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКИ В ФАСАДНЫХ СИСТЕМАХ «МАРМОРОК»

В работе приведены результаты анализа температурно-влажностного режима в вентилируемой прослойке фасадной системы типа «Марморок». Получены зависимости конструктивных параметров прослойки и стены при условии недопущения туманообразования в вентилируемой полости.

Ключевые слова: фасадные системы, конструктивные параметры вентилируемой прослойки, температурно-влажностный режим.

THE ANALYSIS OF CONSTRUCTIONAL DIMENSION OF VENTILATED AIR LAYER OF FAÇADE SYSTEM “MARMOROK”

The analysis results of temperature-humidity conditions in ventilated layer of facade system of type “Marmorok” are brought in this work. It was obtained relations of constructional parameters of layer and wall upon condition of exclusion of fogging in ventilated air space.

The key words: facade systems, constructional parameters of ventilated layer, temperature-humidity conditions.