

УДК 69.022.32

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕМІСІЇ ВОЛОКОН МІНЕРАЛОВАТНОГО УТЕПЛЮВАЧА В ВЕНТИЛЬОВАНИХ ФАСАДАХ

І. М. Бабій, І. О. Менеєлюк

*Наведено особливості емісії волокон мінераловатних утеплювачів різної щільності, що використовуються в конструкціях зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та оздобленням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком.*

*Визначено, що найбільшим показником емісії волокон характеризується мінераловатний утеплювач низької щільності (40 кг/м<sup>3</sup>).*

*Виявлено, що найменшому впливу відносної вологості навколишнього середовища на інтенсивність емісії волокон утеплювача піддається мінераловатний утеплювач зі щільністю 150 кг/м<sup>3</sup>.*

**Ключові слова:** фасади з вентиляльованим повітряним прошарком, швидкість руху повітря, емісія волокон, мінераловатний утеплювач.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИИ ВОЛОКОН МИНЕРАЛОВАТНОГО УТЕПЛИТЕЛЯ В ВЕНТИЛИРОВАННЫХ ФАСАДАХ

И. Н. Бабий, И. А. Менеєлюк

*Приведены особенности эмиссии волокон минераловатного утеплителя разной плотности, которые используются в конструкциях наружных стен с фасадной теплоизоляцией и отделкой индустриальными элементами с вентилируемым воздушным слоем.*

*Определено, что наибольшим показателем эмиссии волокон характеризуется минераловатный утеплитель низкой плотности (40 кг/м<sup>3</sup>).*

*Выявлено, что наименьшему влиянию относительной влажности окружающей среды на интенсивность эмиссии волокон утеплителя поддается минераловатный утеплитель с плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>.*

**Ключевые слова:** фасады с вентилируемым воздушным слоем, скорость движения воздуха, эмиссия волокон, минераловатный утеплитель.

## DETERMINATION OF EMISSION FIBER MINERAL WOOLINSULATION IN WITH VENTILATED FACADES

I. Babij, I. Meneylyuk

*Are the features of the emission fiber mineral wool insulation of different densities, which are used in the construction of exterior walls with insulation and facade decoration industrial elements with a ventilated air layer.*

*Determined that the highest rate of emission of fibers is characterized by low density mineral wool insulation (40 kg/m<sup>3</sup>).*

*Revealed that the least influence the ambient relative humidity on the rate of emission fiber insulation amenable mineral wool insulation with a density of 150 kg / m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** facades with ventilated air layer, the velocity of the air emission fibers, mineral wool insulation.

### Вступ

З початку XXI сторіччя однією із технологій, що динамічно розвиваються – є утеплення фасадів адміністративних, громадських та житлових будинків з допомогою конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та оздобленням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Більш поширено їх називають в будівельній практиці «вентильовані фасади». Їх основною відмінністю від інших систем теплоізоляції є наявність вентиляльованого

прошарку між утеплювачем та декоративно-захисним екраном. В якості теплоізоляційного шару, в більшій мірі, застосовують мінераловатний утеплювач. З точки зору теплофізики вентилязовані фасади являються оптимальною конструкцією для утеплення стін [1, 2, 3].

Застосування таких систем у світі налічує майже піввікову історію. У свою чергу на Україні їх почали активно використовувати порівняно нещодавно, не більш ніж 15 років тому. Це було викликано будівельним бумом, а також можливістю надавати фасадам будинків індивідуальної виразності попри значну, на той час, вартість таких систем. Тому спершу технологія їх влаштування базувалася на технічних документах, розроблених виробниками цих систем здебільшого за кордоном. Більшу увагу технології влаштування вентилязованих фасадів почали приділяти після виходу відповідних нормативних документів на території України, які обумовлювали і регламентували їх влаштування [4, 5].

У свою чергу, хоча застосування конструкцій теплоізоляції фасадів з вентилязованим повітряним прошарком налічує піввікову історію, проте багато питань з їх влаштування є відкритими. Неабияке значення для всіх фасадних систем, що застосовуються, в першу чергу, для теплоізоляції будинків, має термін ефективної експлуатації. Так, наприклад, в вентилязованих фасадах, цей термін в більшій мірі залежить від стану мінераловатного утеплювача. Цікаво при цьому відзначити, що згідно з нормативним документом [5] середній термін експлуатації – 50 років із дня введення збірної системи в експлуатацію, а гарантійний – 5,5 років. Проте, в одних джерелах вказано [6, 7], що мінераловатний утеплювач здатен досить тривалий час зберігати свої властивості на початковому рівні, а в інших джерелах вказується [8, 9], що при експлуатації можливе його старіння і руйнування. Це руйнування можливо внаслідок потрапляння в товщу утеплювача вологи як із середини приміщень (дифузійна волога) так і ззовні (вологість повітря, волога опадів), або завдяки емісії волокон з поверхні мінераловатного утеплювача внаслідок дії вітрових навантажень на відрив.

Як відомо, згідно з нормативним документом, основним показником теплоефективності фасадів будинків – є опір теплопередачі, який розраховується відповідно до показників теплопровідності складових системи та їх товщини. В більшій мірі опір теплопередачі всієї фасадної системи складає сам матеріал утеплювача. Його руйнування, або ж втрата його маси внаслідок вивітрювання відразу ж знайде своє відображення при зменшенні показника опору теплопередачі внаслідок зміни його товщини. Оскільки припускається, що безперервні вітрові потоки в повітряному прошарку системи теплоізоляції в першу чергу приводять до емісії волокон утеплювача з його поверхні.

Таким чином вищенаведені данні спонукали до вивчення впливу дії вітру в під облицювальному просторі конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та оздобленням індустріальними елементами з вентилязованим повітряним прошарком на емісію волокон мінераловатного утеплювача, що є актуальною проблемою сьогодення.

*Метою роботи є виявлення впливу технологічних і кліматичних факторів в вентилязованих фасадах на емісію волокон мінераловатного утеплювача з плином часу за допомогою спеціально розробленої методики.*

### **Результати дослідження**

Насамперед, для вирішення поставленої мети була розроблена методика досліджень. Вона включає в себе, по-перше, використання експериментальної установки, яка, майже, імітує роботу вентилязованих фасадів в натурних умовах. Цей момент визначається тим, що забір повітря проводився ззовні приміщення. По-друге, відомо, що як правило, в конструкціях зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та оздобленням індустріальними елементами з вентилязованим повітряним прошарком швидкість повітряного потоку не перевищує 2-3 м/с, але іноді може досягати значення в 5 м/с (наприклад, в висотних будівлях в прибережних районах) [10]. Тому в дослідженнях на основі евристичного та експериментально-статистичного аналізу швидкість повітряного потоку була прийнята 18 м/с, що в шість разів більша за реальну. Таким чином значна швидкість дозволила інтенсифікувати процес вивітрювання, так як в іншому випадку проведення експерименту зайняло б значний час (мабуть, кілька років).

Згідно з методикою, дослідження відбувались на протязі 156 годин. При цьому, як технологічний фактор, використовувалися мінераловатні утеплювачі трьох різних щільностей, а саме 40, 80, 150 кг/м<sup>3</sup>. Вибір наведених щільностей матеріалу мінераловатного утеплювача зумовлений їх поширеним використанням в будівельній практиці технологій влаштування

вентильованих фасадів з повітряним прошарком. Хоча, згідно з нормативним документом [5], мінімально допустима щільність мінераловатного утеплювача для влаштування фасадної системи з вентильованим повітряним прошарком повинна складати не менш ніж  $75 \text{ кг/м}^3$ .

В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що найбільшою втратою маси в результаті вивітрювання за 156 годин в абсолютних значеннях характеризується мінераловатний утеплювач із щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$ , рис.1. При цьому він втратив в масі 8,1 г. В свою чергу найменшою втратою маси характеризується зразок щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$ . Його максимальна втрата маси склала 4,3 г за аналогічний період часу досліджень, що в 1,9 рази менше, ніж у порівнянні з утеплювачем зі щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$ . В той же час мінераловатний утеплювач з щільністю  $80 \text{ кг/м}^3$  втратив в масі 5,6 г, що на 2,5 грама менше, ніж у зразка щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$ . Причому, як видно з графіка, наведеного на рис.1, динаміка втрати маси має нерівномірний характер. Так при деяких проміжках часу, наприклад, для щільності  $40 \text{ кг/м}^3$  в інтервалі 12-24 години втрата маси склала 1,2 грама, але вже в проміжку часу 24-36 – 0,4 грама. Це, напевне, відбувається внаслідок того, що мінераловатний утеплювач з малою щільністю в перші години вивітрювання втрачає волокна, які не були зв'язані, що пов'язане з особливостями технології виготовлення мінераловатного утеплювача низької щільності.

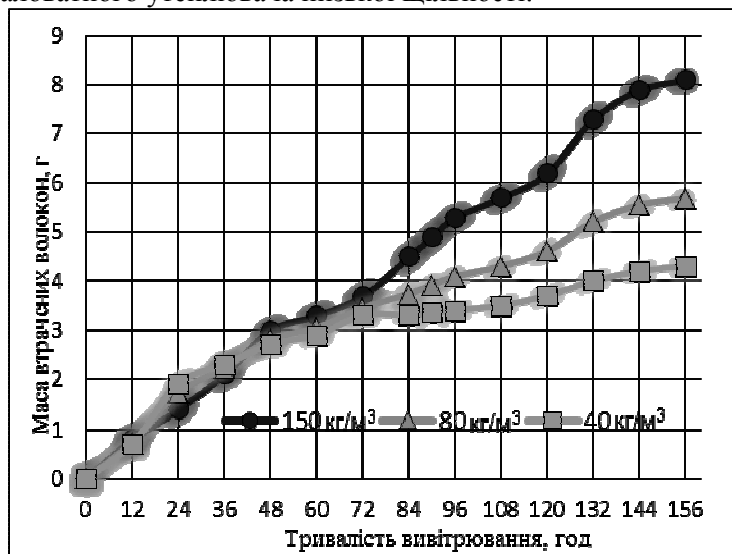


Рисунок 1 – Вплив тривалості вивітрювання на масу втрачених волокон при різних щільностях мінераловатного утеплювача

Варто відзначити, що при щільності мінераловатного утеплювача  $150 \text{ кг/м}^3$  в проміжку часу 120-144 години втрата маси склала 1,7 грама. В свою чергу при наступних 12 годинах вивітрювання втрата склала всього 0,2 грама. Практично, аналогічна залежність в цих же тимчасових проміжках спостерігається у мінераловатних плит з щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$  і  $80 \text{ кг/м}^3$ . Це, ймовірно, свідчить про те, що процес вивітрювання має затухаючий характер, і подальша незначна втрата маси утеплювача буде пояснюватися старінням матеріалу. Як відомо, за багатьма джерелами інформації, старіння мінераловатних плит, відбувається внаслідок впливу незначної концентрації вологи в утеплювачі, яка є руйнівним чинником для фенолформальдегідних смол, які здебільшого на даний час являються зв'язуючим мінеральних волокон. В наших дослідженнях подібне «старіння» мінераловатного утеплювача спостерігалось протягом всього процесу, що чітко видно при накладенні графіків інтенсивності втрати маси в абсолютних значеннях і відносної вологості навколишнього середовища в процесі досліджень.

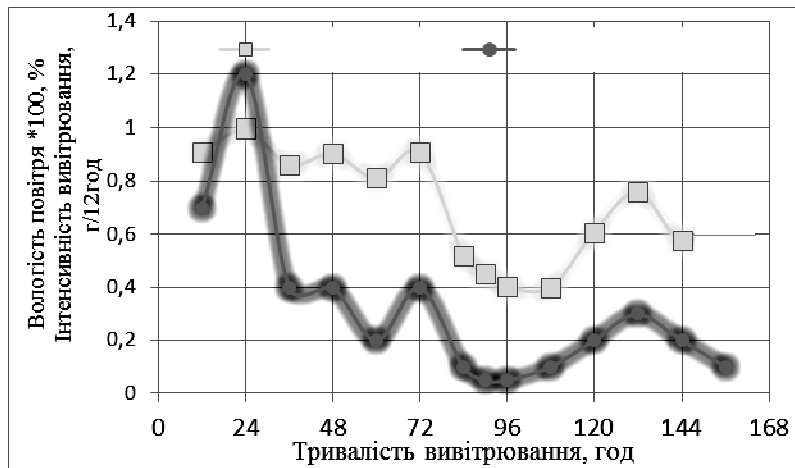


Рисунок 2 – Вплив тривалості вивітрювання на інтенсивність емісії волокон зразку мінераловатного утеплювача щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$  в залежності від відносної вологості повітря

Як видно з рис. 2 при накладенні графіків інтенсивності вивітрювання мінераловатного утеплювача щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$  і вологості навколишнього середовища, в період вивітрювання спостерігається чітка залежність. Зміна вологості прямо пропорційно впливає на зміну маси випробовуваного зразка. Так, починаючи з 12 години зростання вологості повітря спричинює більш інтенсивне вивітрювання утеплювача. І навпаки, падіння вологості забезпечує менш інтенсивне вивітрювання, як видно, наприклад, на ділянці 48-60 годин. Така ж тенденція зміни інтенсивності вивітрювання під впливом вологості навколишнього середовища, як у зразка зі щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$  спостерігається і в мінераловатному утеплювачі щільністю  $80 \text{ кг/м}^3$ , тобто зберігається пряма залежність впливу вологості на процес вивітрювання.

Однак, як видно на рис. 3, вивітрювання утеплювача більш щільного ( $150 \text{ кг/м}^3$ ) не залежить від вологості навколишнього середовища. Так на ділянці 12-72 години вологість змінилася на 1% у той час, коли інтенсивність змінилася на 45 %.

Результати досліджень доводять, що на зразки утеплювача невеликої щільності ( $40 \text{ кг/м}^3$  і  $80 \text{ кг/м}^3$ ) зміна відносної вологості навколишнього середовища діє більш руйнівно, ніж на зразки утеплювача більшої щільності ( $150 \text{ кг/м}^3$ ), рис. 3. Це дозволяє судити про те, що щільна структура не дозволяє парам, які у повітрі, проникати всередину в кількості, що достатня для руйнівної дії на зразок, а, отже, перешкоджає емісії волокон.

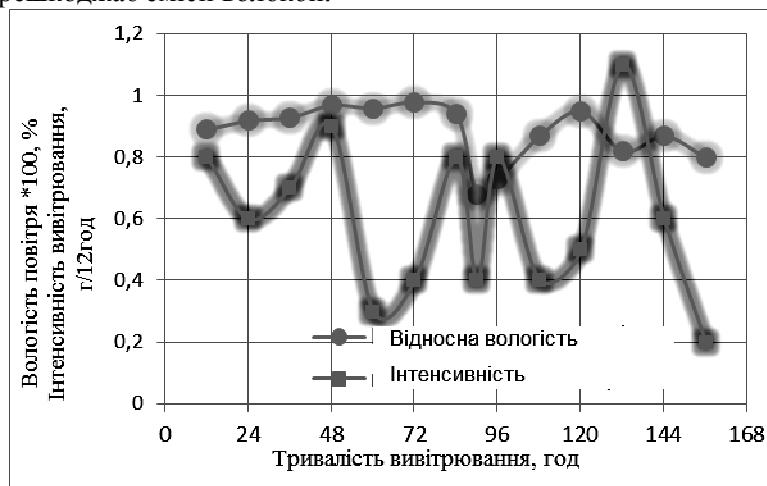


Рисунок 3 – Вплив тривалості вивітрювання на інтенсивність емісії волокон зразку мінераловатного утеплювача щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$  в залежності від відносної вологості повітря

Тому при розрахунку формули руйнування мінераловатних утеплювачів з високою щільністю показниками вологості можна знехтувати. Вплив вологості на інтенсивність вивітрювання при високих показниках вологості (80-90 %) практично збігається з показниками при середніх і низьких показниках (50-60 %). У разі різкої зміни вологості, інтенсивність вивітрювання зменшується, що пов'язано з накопиченням вологи в товщі матеріалу, а саме на поверхні волокон.

Далі при стабілізації показників відносної вологості інтенсивність вивітрювання знову зростає.

Необхідно відзначити в міру того, що початкові маси зразків, які досліджувались були різні, і порівнювати отримані результати вивітрювання по масі некоректно, то подальший аналіз процесу вивітрювання доцільно інтерпретувати в відносних одиницях, тобто у відсотках (%), рис. 4.

Так відносна втрата маси при щільності мінераловатних плит  $40 \text{ кг/м}^3$  за першу добу вивітрювання склала  $0,5 \%$ . За аналогічний проміжок часу при щільностях  $80 \text{ кг/м}^3$  і  $150 \text{ кг/м}^3$  втрата склала  $0,28 \%$  і  $0,13 \%$  відповідно. При подальшому вивітрюванні теж спостерігається втрата маси з плином часу, але не настільки істотна. Так вже за наступну добу досліджень процент вивітрювання склав для всіх досліджуваних щільностей мінераловатного утеплювача в середньому  $0,18 \%$ . Але при цьому, як і раніше, меншим відсотком емісії волокон характеризуються щільності матеріалів  $80 \text{ кг/м}^3$  і  $150 \text{ кг/м}^3$ . Початкове значне вивітрювання, цілком ймовірно, пояснюється тільки вивітрюванням незв'язаних волокон в мінераловатних плитах. Подальше ж незначне вивітрювання можна пояснити ступенем скріплення волокон між собою і відкритою пористістю, яка дозволяє в менш щільному матеріалі потоку повітря проникати між волокон і вивітрювати їх. Не менш важливим є те, що на проміжку часу вивітрювання 132-156 годин кінетика втрати волокон має затухаючий характер.

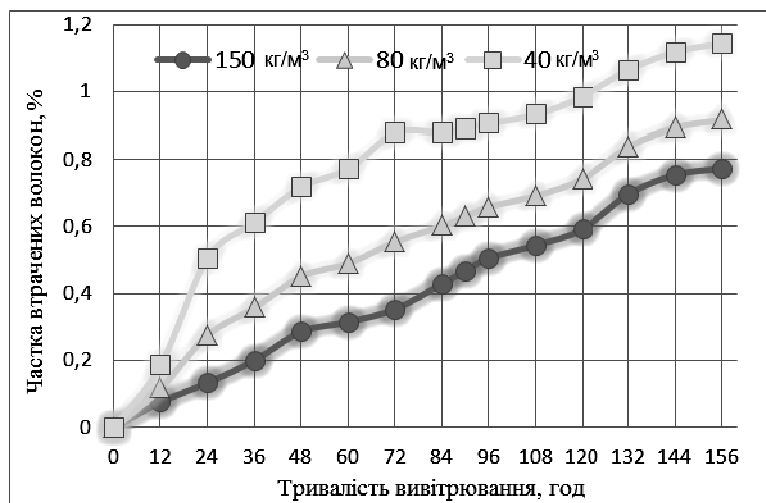


Рис. 4. Залежність частки втрачених волокон зразку мінераловатного утеплювача щільністю 40, 80 та  $150 \text{ кг/м}^3$  від тривалості вивітрювання

За 156 годин мінераловатні плити щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$  втратили в масі  $0,77 \%$ , за аналогічний період зразки мінеральної вати щільністю 40 і 80 втратили  $1,15 \%$  і  $0,92 \%$  відповідно. Таким чином встановлено, що найбільшою втратою маси в процесі вивітрювання характеризується мінераловатні плити щільністю  $40 \text{ кг/м}^3$ , а найменшою щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$ , рис.4.

В силу вищенаведеного, можна припустити, що найефективніше в системах зовнішнього утеплення фасадів, так званих вентиляваних, для збільшення терміну безремонтної ефективної експлуатації, необхідно застосовувати утеплювач із щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$ . В даному випадку відразу ж виникає питання про економічну складову даних систем, які в силу застосування утеплювача більшої щільності і відповідно вартості, будуть самі характеризуватися значними витратами на їх улаштування. При цьому слід зазначити, що для зменшення вартості влаштування фасадів з утеплювачем щільністю  $150 \text{ кг/м}^3$  припускається, що можливо відмовитися від застосування вітрозахисної мембрани, яка є основною причиною розповсюдження вогню по всій поверхні фасаду. Як показали дослідження, практично, ідентичною динамікою відносної емісії волокон характеризуються мінераловатні плити зі щільністю  $80 \text{ кг/м}^3$ , що і може слугувати підставою на користь їх вибору при влаштуванні технологічних систем фасадів з вентиляваним повітряним прошарком.

### Висновки

- Встановлено, що мінераловатні утеплювачі при впливі вітрових навантажень втрачають у своїй вазі внаслідок емісії волокон. Найбільшою часткою емісії волокон характеризуються мінераловатні утеплювачі з невеликою щільністю, а саме  $40 \text{ кг/м}^3$ .

- Виявлено, що відносна вологість навколишнього середовища спричинює інтенсивність емісії волокон мінераловатного утеплювача. При цьому відмінною особливістю мінераловатного утеплювача зі щільністю 150 кг/м<sup>3</sup> від утеплювачів з меншою щільністю є те, що цей вплив на нього незначний. Це може слугувати обґрунтуванням застосування в системах теплоізоляції фасадів з вентиляльованим повітряним прошарком утеплювачів більшої щільності.
- Як показали наведені вище дослідження, при розрахунках фасадних систем з вентиляльованим повітряним прошарком окрім коефіцієнту теплопровідності слід враховувати ймовірність емісії волокон в процесі експлуатації, тобто використовувати утеплювачі з більшою щільністю. Це надасть можливість збільшити термін безремонтної експлуатації систем теплоізоляції.

#### Використана література

1. Гагарин В. Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий / В. Г. Гагарин // Актуальные вопросы строительной физики. – М : НИИСФ, 2009. – С. 297-305.
2. Фаренюк Г. Г. Учет неоднородности конструкций вентилируемых фасадов при определении приведенного сопротивления / Фаренюк Г. Г., Венжего Г. С. // Реконструкція житла. – 2007. – Вип. 8. – С. 306-314.
3. Potocek K. Building thermal isolation and ITS economic repayment // Potocek K., Potocek T. / International seminar ENERGOPDOM. – Krasow.2006, part 2. – P. 509-522.
4. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги : ДСТУ Б В.2.6-34:2008 . - Чинні з 2009.06.01. - К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 12 с. – (Національний стандарт України).
5. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови. - ДСТУ Б В.2.6-35:2008. - Чинні з 2009.06.01. - К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 28 с. – (Національний стандарт України).
6. Гагарин В. Г. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях. Метод оценки теплозащиты стены здания с вентилируемым фасадом с учетом продольной фильтрации воздуха / Гагарин В. Г., Козлов В. В., Садчиков А. В. // Журнал «АВОК».- 2005. - №8. – С. 60-70.
7. Корнилов Т. А. Особенности работы вентилируемого фасада в условиях устойчивой низкой температуры по результатам натурного эксперимента / Корнилов Т. А., Амбросьев В. В. // Жилищное строительство. – М.: 2008. – № 1. – С. 32-35.
8. Езерский В. А. Влияние вентилируемого фасада на теплозащитные качества утеплителя / Езерский В. А., Монастырев П. В. // Жилищное строительство. – 2003. – № 3. – С. 18-20.
9. Карапузов С. К. Утепления фасадів / С. К. Карапузов, В. Г. Соха. - К.: Вища освіта, 2007. – 318 с.
10. Тимофеев Н. В. Применение вентилируемых фасадных систем при реконструкции жилых зданий / Н. В. Тимофеев, Г. М. Васильченко // Градостроительство, архитектура, искусство и дизайн: тез. докл. междунаrod. науч.-практ. конф. / Ин-т архит. и иск.-в, 6-9 октября 2009. – Ростов н/Д.: ИАрХИЮФУ, 2009. – С. 326-329.

**Бабій Ігор Миколайович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології будівельного виробництва, Одеська державна академія будівництва та архітектури.

**Менейлюк Іван Олександрович** – аспірант Київського національного університету будівництва та архітектури.

**Бабий Игорь Николаевич** – к.т.н., доцент, доцент кафедры технологии строительного производства, Одесская государственная академия строительства и архитектуры.

**Менейлюк Иван Александрович** – аспирант, Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

**Babij Igor** – Associate professor, assistant professor of construction technologies, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

**Meneiliuk Ivan** – Post-graduate student. Kyiv National University of Construction and Architecture.