



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

**СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО**  
**СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО**  
**MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION**

2013, ТОМ 9, НОМЕР 3, 163–168

УДК 699.86.001.63

## **РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ ЗОВНІШНЬОЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ**

**О. М. Білоус**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

*E-mail: us28@ua.ua*

*Отримана 30 серпня 2013; прийнята 27 вересня 2013.*

**Анотація.** У статті наведено порівняльний аналіз методики розрахунку тепловологісного стану огороджувальної конструкції з ніздрюватого бетону за графоаналітичним методом, що наведено у ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій», та існуючої методики, що наведена у СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Основна вимога існуючої методики полягає у тому, що опір паропроникнення огороджувальної конструкції повинен бути більший від двох величин: нормативного опору паропроникнення з умови неприпустимості накопичення вологи в огороджувальній конструкції за річний період експлуатації та нормативного опору паропроникнення з умови обмеження вологи в огороджувальній конструкції за період з негативними середньо-місячними температурами зовнішнього повітря. Основна вимога графоаналітичного методу збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація вологи в холодний період року, вона повинна бути меншою від допустимого за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу. На підставі проведеного аналізу визначені основні переваги та недоліки національної та міжнародної методологій.

**Ключові слова:** тепловологісний стан, вологість, конденсація вологи.

## **РАСЧЕТ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ С ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ**

**А. Н. Белоус**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

*E-mail: us28@ua.ua*

*Получена 30 августа 2013; принята 27 сентября 2013.*

**Аннотация.** В статье приведен сравнительный анализ методики расчета тепловлажностного состояния ограждающей конструкции из ячеистого бетона графоаналитическим методом, который приведен в ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 «Руководство по расчетной оценке тепловлажностного состояния ограждающих конструкций», и существующей методики, приведенной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Основное требование существующей методики заключается в том, что сопротивление паропроходимости ограждающей конструкции должно быть больше двух величин: нормативного сопротивления паропроходимости из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации и нормативного сопротивления паропроходимости из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха. Основное требование графоаналитического метода увеличения влажности материала в толще слоя конструкции, в котором может происходить конденсация влаги в холодный период года, она должна быть менее допустимого по теплоизоляционным характеристикам увеличения

влагности материала. На основании проведенного анализа определены основные преимущества и недостатки национальной и международной методологии.

**Ключевые слова:** тепловлажностное состояние, влага, конденсация влаги.

## CALCULATION OF HEATMOISTURE WALLING CELLULAR CONCRETE

**Aleksey Belous**

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

*E-mail: us28@ya.ua*

*Received 30 August 2013; accepted 27 September 2013.*

**Abstract.** In article comparative analysis of methods of calculation of thermal and humidity envelope of porous concrete for graphic-analytical method provided in DSTU-N B.2.6 B-192:2013 has been given. Guidelines for design evaluation of thermal and humidity walling and existing methods provided in the SP 50.13330.2012 «Thermal protection deposited». The main requirement of the existing methods is that the resistance water vapor envelope should be more than two sizes: standard resistance water vapor with conditions unacceptable accumulation of moisture in the building envelope for the annual period of operation and the required resistance water vapor with conditions limiting moisture in the building envelope for the period of negative average monthly temperature of the outside air. The main requirement of graphic-analytical method of increasing the moisture content of the material in the thickness of the layer structure, which may be condensation from the cold period of the year must be less acceptable for insulation characteristics increase the humidity of the material. Based on the analysis, the main advantages and disadvantages of national and international methodologies.

**Keywords:** heat humidity condition, moisture, condensation.

### Актуальність теми

У грудні 2010 року Верховна Рада України ратифікувала Договір Європейського Енергетичного співтовариства (ЕСТ), згідно з яким Україна стала учасником Договору та взяла на себе зобов'язання щодо виконання Директив Європейського Економічного Союзу з питань енергетики, енергозбереження та відновлювальних енергоресурсів. Щодо енергозбереження в будівлях існує Директива 2010/31/ЄЕС про енергетичні характеристики (енергетичне функціонування) будівель (THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL), згідно з якою серед інших вимог вимагається розроблення та прийняття методології розрахунку енергоефективності будівель на національному рівні.

З 1 січня 2014 року вступає в дію ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій» [1], в основу методичних положень

цієї настанови покладено методику європейського стандарту EN ISO 13788:2001 «Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods» [2].

Метою цієї роботи є розглянути методологію розрахунків за [1], та зробити порівняльний аналіз з вже існуючими методиками, що наводяться у СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [3] та DIN 4108-3 «Klimabedingter Feuchteschutz» [4].

### Основна частина

Об'єкт – зовнішня стіна з ніздрюватого бетону з опорядженням цементно-піщаною штукатуркою будинку з вологим режимом експлуатації приміщень в м. Миколаїв.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці 1.

Проведемо розрахунок згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 [1].

Згідно з ДБН В.2.6-31:2006 [5] для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків обов'язкове виконання умови:

$$\Delta w \leq \Delta w_d, \quad (1)$$

де  $\Delta w$  – збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація пари протягом холодного періоду року, % за масою;

$\Delta w_d$  – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, в шарі якого може відбуватися конденсація пари, % за масою, що встановлюється згідно з таблицею 8 [5], для ніздрюватого бетону збільшення вологі дорівнює  $\Delta w_d = 1,2$  %, чого дуже важко дотриматися. Враховуючи, що згідно з ДСТУ Б В.2.7-137:2008 [6] відпускна вологість бетонних блоків може досягати 25 %, а нормальна вологість дорівнює 10 %, таким чином початкове збільшення вологості дорівнює 15 %. Для встановлення стаціонарного режиму з розрахунковими значеннями матеріалів може знадобитися не один рік після вводу в експлуатацію будинку. У роботах НІБФ РААБН (РФ) та «Інститут житла – НІПТІС ім. Атаєва С. С.» рекомендується приймати максимальне збільшення вологості ніздрюватих бетонів біля 6 %, це значення входить до нормативних показників країн СНД.

Для від'ємного або нульового річного балансу пари в товщі огорожувальних конструкцій необхідне виконання наступної умови:

$$W_{зп} \leq W_{вп}, \quad (2)$$

де  $W_{зп}$  – кількість накопиченої в товщі огорожувальної конструкції пари, що сконденсувалася за період вологонакопичення року, кг/м<sup>2</sup>;  $W_{вп}$  – кількість пари, що випаровується з огорожувальної конструкції за період вологовіддачі року, кг/м<sup>2</sup>.

Розрахунок тепловологісного стану огорожувальних конструкцій виконується графоаналітичним методом. В довільному масштабі викреслюють умовний переріз огорожувальної конструкції, в якому товщина кожного шару дорівнює його значенню опору паропроникненню. На осі, що паралельна лініям меж шарів, задають шкалу парціального тиску  $p$ , Па, та будують розподіл  $E_x$ , точки якого з'єднуються за допомогою кривої лінії. Визначають парціальні тиски водяної пари  $e$ , Па, на внутрішній ( $e_v$ ) та зовнішній ( $e_z$ ) поверхнях огороження. Результат розрахунків тепловологісного стану огорожувальної конструкції наведено у графічному вигляді на рис. 1.

При побудові графіку розподілу температур та парціальних тисків використовують кліматичні дані найбільш холодного місяця року. Так, наприклад, згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [7] для м. Миколаїв середня температура січня становить  $-2,6$  °С, а температура холодної п'ятидівки становить  $-22$  °С.

Згідно з [4] граничні умови для побудови діаграми Глазера становлять  $-10$  °С та вологість 80 %. Згідно ж розрахунку можливості утворення конденсату – розглядається середня температура за місяць, але ж процес дифузії водяної пари більш нестационарний ніж стаціонарний [8]. П'ять діб можуть значно зволожити матеріал будівельної

Таблиця 1. Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару $\delta$ , м	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Тепло-провідність $\lambda$ , Вт/(м·К)	Тепловий опір $R$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	Коефіцієнт паропроникності $\mu$ , мг/(м·год·Па)	Опір паропроникненню $R_e$ , (м <sup>2</sup> ·год·Па)/мг
Цементно-піщаний розчин	0,02	1600	0,81	0,025	0,12	0,16
Стіна з блоків ніздрюватого бетону	0,5	500	0,16	3,33	0,2	2,5
Цементно-піщаний розчин	0,02	1600	0,81	0,025	0,12	0,16

конструкції та зменшити її тепловий опір, що приведе до перерозподілу температур у конструкції.

При побудові кривої розподілу  $E$  кількість точок береться в розрахунку 11 точок на  $1^\circ\text{C}$  перепаду температури по товщині шару. Таким чином, при температурному перепаді у  $21^\circ\text{C}$  необхідно розрахувати 231 рівняння з визначення температури у товщі шару за формулою (5) [1] з знаходження значень парціального тиску водяної пари. При наявності ПК це не здається великим завданням, але значення  $E$  є функцією від температури та наведено у [1] в табличному вигляді, значно зручніше скористатися формулами:

– всесвітньої метеорологічної організації (World Meteorological Organization)

$$E(t) = 6,112 \cdot e^{\frac{17,62t}{243,12+t}}; \quad (3)$$

– за [4]

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273+t}\right). \quad (4)$$

У разі, якщо лінії  $E$  і  $e$  не перетинаються – то конденсація водяної пари в товщі огорожувальної конструкції відсутня, і умови (1) та (2) слід вважати виконаними, таким чином, конструкція зовнішньої стіни відповідає вимогам [1].

#### Проведемо розрахунок згідно з СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4]

Опір паропроникненню огорожувальної конструкції (у межах від внутрішньої поверхні до площі максимального зволоження) повинен бути

більш ніж двох величин: нормативний опір паропроникнення з умови неприпустимість накопичення вологи в огорожувальній конструкції за річний період експлуатації ( $R_{vp1}^{req}$ ) та нормативний опір паропроникнення з умови обмеження вологи в огорожувальній конструкції за період з негативними середньомісячними температурами зовнішнього повітря ( $R_{vp2}^{req}$ ).

Під час розрахунків знаходимо площину максимального зволоження, для конструкції з розрахунковими значеннями, що наведені в табл. 1 та кліматичними даними для м. Миколаїв, вона знаходиться на межі двох шарів – цементно-піщаного розчину та кладки з блоків ніздрюватого бетону.

За даними розрахунків:

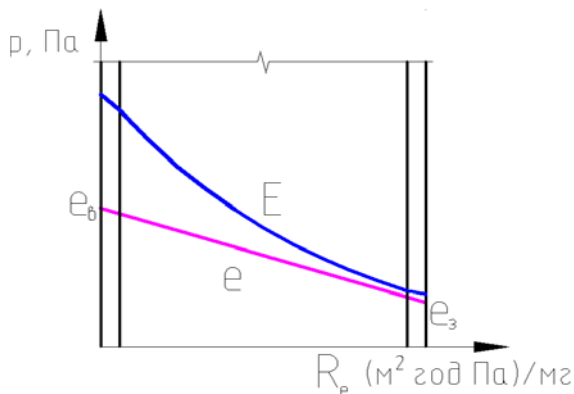
$$R = 2,66 (\text{м}^2 \text{ год Па}) / \text{мг} < R_{vp1}^{req} = 4,21 (\text{м}^2 \text{ год Па}) / \text{мг},$$

$$R_{vp2}^{req} = 0,43 (\text{м}^2 \text{ год Па}) / \text{мг} < R = 2,66 (\text{м}^2 \text{ год Па}) / \text{мг}.$$

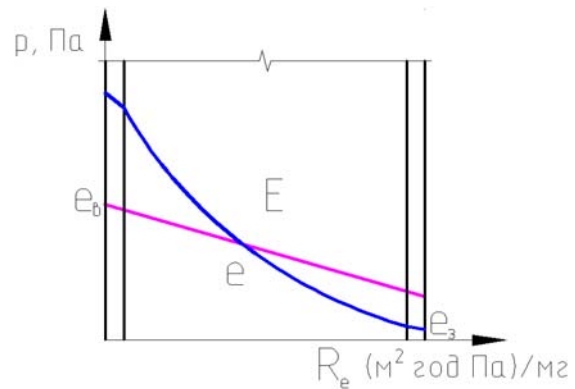
Таким чином, дана конструкція не відповідає вимогам [3] та пропонується додатково встановити шар пароізоляції перед шаром теплоізоляції.

За даними [9], при розрахунках термічно однорідних масивних конструкцій можливо отримати криву розподілу, що наведено на рис. 2, форма якої не розглядається у [1]. Та при наявності конденсата у товщі шару немає вказівок для визначення зони конденсації.

Також, на жаль, ні у [1], ні [5] не наведено значення коефіцієнта паропроникності пароізоляції та різноманітних мембран для улаштування фасадних систем. У фасадних системах пароізоляційний шар (вологозахисна мембрана)



**Рисунок 1.** Розподіл парціального тиску та насичення водяної пари у конструкції стіни.



**Рисунок 2.** Розподіл парціального тиску та насичення водяної пари у конструкції стіни за даними [9].

знаходиться на зовнішній поверхні, таким чином, пара буде конденсувати у середині будівельної конструкції.

Використання у будівельній конструкції двох шарів пароізоляційних матеріалів, на зовнішній та внутрішній поверхнях, буде перешкоджати висушуванню будівельної вологи, а оскільки розрахункові методи, що наведені у [1] та [5], не враховують початкову вологість матеріалів, цей варіант розміщення пароізоляції можливо використовувати тільки при нормованих значеннях вологості будівельних конструкцій.

### Висновки

1. На графіку розподілу насичення водяної пари та парціального тиску, у бетонній кладці з ніздрюватого бетону, помітно значне зрос-

тання насичення вологістю шару бетону у зовнішній поверхні, таким чином, навіть при відсутності конденсації вологості у період водонакопичення, у результаті абсорбції, значення вологості будуть значно більші, ніж очікувані.

2. У графічному методі, зазначеному у [1], відсутній випадок утворення конденсації вологи на межі шарів конструкції, в методі розрахунку [5] такий варіант розглядається.
3. Методики, що входять до [1] та [5], стаціонарні, для співпадання результатів розрахунків та натурних випробувань необхідні тривалі інтервали часу з розрахунковими кліматичними умовами, що не відображені у повній мірі в [7], для більш детальних розрахунків пропонується використовувати нестационарний метод розрахунків за [8].

### Література

1. ДСТУ-Н В В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій [Текст]. – [Чинний з 01.01.2014]. – К.: Мінбуд України, 2013. – 66 с. – (Державний стандарт України).
2. EN ISO 13788:2001. Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods [Текст]. – Replace ISO/FDIS 13788 (2000-04); introduced 01.07.2001. – Brussels: CEN, 2001. – 38 p.
3. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий [Текст]. – Дата введения 2013-07-01. – М.: Министрство регионального развития РФ, 2012. – 95 с.
4. DIN 4108-3. Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung Enthält Randbedingungen und Rechenvorschriften für das Glaser-Verfahren [Текст]. – Aktuelle Ausgabe 2001-07; Ersatz für DIN 4108-3:1981-08, DIN 4108-5:1981-08. – [S. l.]: Deutsches Institut für Normung, 2002. – 40 p.
5. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – На заміну СНиП II-3-79; чинний від 2007-04-01. – К.: Мінбуд України, 2006. – 64 с. – (Державні будівельні норми України).
6. ДСТУ В В.2.7-137:2008. Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови [Текст]. – Уведено вперше зі скасуванням в Україні ГОСТ 21520-89; чинний

### References

1. DSTU-N В V.2.6-192:2013. Act of educated estimates of heat-humidity state of filler structure. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2013. 66 p. (in Ukrainian)
2. EN ISO 13788:2001. Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation – Calculation methods. Brussels: CEN, 2001. 38 p.
3. SP 50.13330.2012. Code specification. Thermal performance of the buildings. Moscow: Regional Development Ministry of the Russian Federation, 2012. 95 p. (in Russian)
4. DIN 4108-3. Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung Enthält Randbedingungen und Rechenvorschriften für das Glaser-Verfahren. Aktuelle Ausgabe 2001-07; Ersatz für DIN 4108-3:1981-08, DIN 4108-5:1981-08. [S. l.]: Deutsches Institut für Normung, 2002. 40 p.
5. DBN V.2.6-31:2006. Construction of building and structures. Heat insulation of buildings. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 64 p. (in Ukrainian)
6. DSTU В V.2.7-137:2008. Building materials. Blocks from cellular concrete wall small. Specifications. Kyiv: Minregionbud of Ukraine, 2008. 16 p. (in Ukrainian)
7. DSTU-N В V.1.1-27:2010. Protection against the dangerous geological processes, harmful operational influences, against the fire. Building Climatology. Kyiv: Minregionbud of Ukraine, 2011. 124 p. (in Ukrainian)
8. Fokin, K. F. Construction heat engineering of non-load-bearing of building parts. 4th edition, revised and enlarged. Moscow: Stroizdat, 1973. 287 p. (in Russian)

- від 2008-10-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 16 с. – (Національний стандарт України).
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні СНиП 2.01.01-82 і таблицю 2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007) ; чинний з 01.11.2011. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 124 с. – (Державний стандарт України).
  8. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К. Ф. Фокин. – [Изд. 4-е, перераб. и доп.]. – М. : Стройиздат, 1973. – 287 с.
  9. Богословский, В. Н. Тепловой режим здания [Текст] / В. Н. Богословский. – М. : Стройиздат, 1979. – 248 с.
  10. EN ISO 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling [Текст]. – Brussels : CEN, 2008. – 162 p.
  11. EN 15316-2-1:2007. Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2-1: Space heating emission systems [Текст]. – Brussels : CEN, 2007. – 42 p.
  9. Bogoslovskii, V. N. Thermal conditions of buildings. Moscow: Stroiizdat, 1979. 248 p. (in Russian)
  10. EN ISO 13790:2008. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. Brussels: CEN, 2008. 162 p.
  11. EN 15316-2-1:2007. Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2-1: Space heating emission systems. Brussels: CEN, 2007. 42 p.

**Білоус Олексій Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри архітектури промислових та цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розвиток методики випробувань конструктивних елементів будівель, участь у розробці будівельних норм проектування.

**Белоус Алексей Николаевич** – к.т.н., доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий и сооружений Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: развитие методики испытаний конструктивных элементов зданий, участие в разработке строительных норм проектирования.

**Aleksey Belous** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor; Architecture of Industrial and Civil Building and Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of method of tests of structural elements of buildings, participating is in development of build norms of planning.