



DOI: [10.71167/uaceg.2026.590113](https://doi.org/10.71167/uaceg.2026.590113)

Получена: 09.11.2025 г.

Приета: 09.01.2026 г.

ТОПЛО-ВЛАЖНОСТНО ПОВЕДЕНИЕ НА ОГРАЖДАЩИ СТЕНИ, ИЗПЪЛНЕНИ ОТ КОНОПОБЕТОН

Н. Динов¹

Ключови думи: конопобетон, топло-влажностен режим, кондензация, паропропускливост, устойчиво строителство, енергийна ефективност

РЕЗЮМЕ

Строителните материали, базирани на природни възобновяеми ресурси, са ключов фактор за намаляване на екологичния отпечатък на строителната индустрия. Сред тях се откроява конопобетонът – биокомпозит, получен при смесването на конопени влакна, свързващо вещество на основата на строителна вар и вода. Естественият му произход, добрите топло- и звукоизолационни свойства и отличната паропропускливост осигуряват оптимална вътрешна среда. Въпреки това, по-широко приложение на конопобетона в строителството изисква да бъдат решени предизвикателствата, свързани с неговото топло-влажностно поведение. Целта на настоящото изследване е да се оцени при какви условия се създава опасност от възникването на кондензационен пад в стени, изпълнени от конопобетон, и да се формулират насоки за тяхното оптимално проектиране и изпълнение. Ограждащите стенни конструкции са оразмерени така, че максималният коефициент на топлопреминаване U да бъде $0,26 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Топло-влажностният режим е анализиран в съответствие с българската нормативна уредба, при стационарен режим, за Климатична зона 7. Разгледани са няколко конструктивни решения на ограждащи стени от конопобетон с различни комбинации от покрития (вътрешна и външна мазилка). Анализирано е и влиянието на различни параметри на сградния микроклимат. Установено е, че при висока относителна влажност на въздуха в помещението и определена комбинация на видовете покрития, в ограждащата конструкция могат да се създадат условия за натрупване на влага. В повечето случаи тази влага, акумулирана през периода на кондензация (зимен), се изпарява изцяло през периода на изпарение (летен). Нивото на влажността се оценява като сравнително ниско, което не създава опасност от развитие на

¹ Николай Динов, инж. докторант, кат. „Строителни материали и изолации“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: n.dinov_fce@uacg.bg

плесени и мухли и сериозно влошаване на структурните и топлоизолационните свойства на конопобетона. Предвид липсата на достатъчно данни за равновесната и максимално-допустимата влажност на конопобетона са предложени насоки за избягване на кондензационен пад в стените от коноп.

1. Въведение

Според последния доклад за глобалното състояние на сградите и строителството (2022 г.) [1], строителният сектор консумира над 30 % от енергията в световен мащаб. В отговор на това Европейският съюз прилага политики, насочени към повишаване на енергийната ефективност и намаляване на въглеродния отпечатък [2]. Въпреки тези усилия, сградите и строителният сектор остават сред основните източници на емисии, като най-сериозен принос има оперативното енергопотребление (отопление, охлаждане, битови нужди и други) [3]. Това подчертава необходимостта от интегриране на устойчиви материали, които да доведат до намаляване на енергийните разходи и подобряване на вътрешния микроклимат в сградите [3].

През последните години се наблюдава засилен интерес към използването на възобновяеми суровини за разработване на алтернативни строителни материали. Земеделски култури като лен, коноп, мискантус, бананови влакна, кокос и други [4], представляват основен източник на естествени влакна, използвани при създаването на биокомпозитни решения. Сред тях се откроява конопобетонът, който представлява смес от стърготини, получен от сърцевината на стеблото на индустриалния коноп (*Cannabis sativa* L.), минерално свързващо вещество, обикновено на основата на вар и вода [5]. Според [6 и 7] този биокомпозитен материал не само улавя и съхранява въглероден диоксид чрез процесите на фотосинтеза на растителната култура и процеса на карбонизация на вартата, но е приложим в различни климатични условия. Освен екологичните предимства, той притежава ниска плътност [8 – 10], отлична топлоизолационна способност [8, 11 – 12] и добра паропропускливост [9 – 10]. Въпреки това, конопобетонът остава слабо изследван по отношение на ключови показатели като равновесна и максимално допустима влажност. Липсата на достатъчно експериментални данни е съществена, особено в контекста на българската строителна практика, където материалът все още е нов и слабо познат. Поради органичния му произход често се поставят въпроси относно неговата устойчивост и поведение при различни климатични условия. В същото време, наличните проучвания по темата сочат, че материалът притежава значителен потенциал и добри експлоатационни показатели [13]. Това поражда необходимостта конопобетонът да бъде изследван в съответствие с методиката, заложена в Наредба № РД-02-20-3 от 9.11.2022 г. за техническите изисквания към енергийните характеристики на сгради [14], което ще позволи да се оцени поведението му при климатичните условия на територията на България. Подобни изследвания са от съществено значение не само за гарантиране на дълготрайността и запазването на топлоизолационните качества на материала, но и за предотвратяване на рисковете, свързани с натрупване на влага и развитие на плесени [15 – 16].

Целта на настоящото изследване е да се определят условията, при които в ограждащите елементи, изпълнени от конопобетон, възниква риск от поява на конденз, и въз основа на това да се формулират конкретни препоръки за оптимално проектиране и изпълнение.

2. Материали и методи

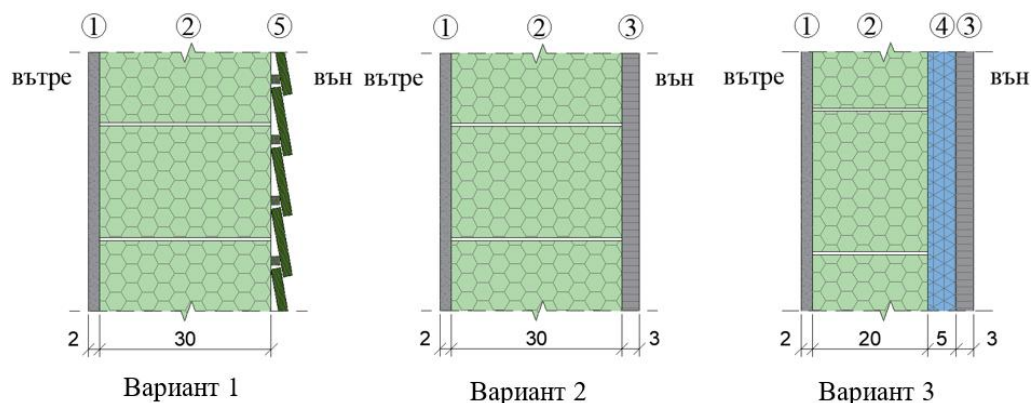
2.1. Описание на използваните материали

В рамките на изследването са използвани материали, характерни за изграждането на многослойни ограждащи системи, изпълнени с конопобетон. Подбраните компоненти отразяват реални технологични решения, прилагани при изпълнение на екологично устойчиви сгради. Разгледаните варианти включват основна зидария, изградена от конопобетонни зидарски блокове IsoHemp [17], конопен изолационен панел Agratherm Wall [18], вътрешно покритие (глинена мазилка ClayTec [19]) и външно покритие (варова мазилка Intonaco di Calce Naturale [20] или вентилируема дъсчена обшивка). Подбраните материали дават възможност да се оцени топло-влажностното поведение на ограждащи елементи, при които се съчетават органични и минерални продукти. Основните топлофизични характеристики на използваните материали (обемна плътност – ρ , коефициент на топлопроводност – λ и коефициент на паропропускливост – μ) са представени в таблица 1.

Таблица 1. Основни топлофизични характеристики на използваните строителни материали

| Строителен материал | ρ kg/m ³ | λ W/m.K | μ – |
|--|-----------------------------|--------------------|------------|
| Глинена мазилка Claytec [19] | 1800 | 0,91 | 10 |
| Конопобетонни зидарийни блокове IsoHemp [17] | 320 | 0,071 | 2,8 |
| Варова мазилка Intonaco di Calce Naturale [20] | 1450 | 0,47 | 15 |
| Конопен изолационен панел Agratherm Wall [18] | 100 | 0,038 | 2,2 |

2.2. Постановка на задачата



Фиг. 1.

- ① Глинена мазилка ClayTec със слама;
- ② Конопобетонни зидарийни блокове IsoHemp;
- ③ Варова мазилка Intonaco di Calc;
- ④ Конопен изолационен панел Agratherm Wall;
- ⑤ Вентилируема фасадна обшивка

Анализирани са три варианта на многослойни ограждащи стени, които отразяват различни практически решения, характерни за енергийно ефективни сгради без механична вентилация. Въпреки че in-situ технологията е предпочитан метод за изпълнение на ограждащи стени от конопобетон, същата е съпроводена с редица ограничения – необходимост от квалифицирани работници, трудоемко и времеемко полагане, както и риск от неравномерно уплътняване [6, 13]. Предвид утвърдената практика на строителство в България, технологично по-обосновано решение е използването на зидарийни блокове от конопобетон, като например IsoHemp Block [17].

Всяка от разгледаните многослойни стенни конфигурации се състои от вътрешно покритие, модулни блокове от конопобетон и външен защитен слой – фиг. 1. В първите два варианта дебелината на зидарията е 30 cm, докато при третия вариант тя е 20 cm, като е допълнена с външен топлоизолационен слой с дебелина 5 cm, което позволява оптимизация на дебелината на зидарията, без да се нарушават топлотехническите свойства на стената.

Дебелините на отделните слоеве са подбрани така, че при всичките три варианта да имат близки стойности на коефициента на топлопреминаване U (и съответно съпротивлението на топлопроводност R) и да не надвишават нормативната граница от $0,26 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, определена в Наредба № РД-02-20-3 от 9.11.2022 г. [14] – таблица 2.

Таблица 2. Топлотехнически показатели

| Вариант | Коефициент на топлопреминаване – U $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ | Съпротивление на топлопреминаване – R $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ |
|---------|---|--|
| 1 | 0,228 | 4,387 |
| 2 | 0,225 | 4,451 |
| 3 | 0,245 | 4,084 |

2.3. Графо-аналитичен метод за изследване на влажностния режим на ограждащите елементи

За целите на настоящото изследване е приложен графо-аналитичен метод за изследване на влажностния режим на ограждащите елементи, съгласно Приложение 6 на Наредба № РД-02-20-3 от 9 ноември 2022 г. [14]. Основната цел на методиката е локализирането на потенциални зони на кондензация, оценката на количеството натрупана влага и прогнозиране на динамиката на изпарението с цел ограничаване на риска от структурни повреди, образуване на мухъл и намаляване на топлоизолационната способност на материала.

Изследването е проведено в рамките на Климатична зона 7 – София и Подбалканска долина, съгласно изискванията на Наредба № РД-02-20-3 от 9 ноември 2022 г. [14]. Анализът се базира на характерните за зоната климатичните условия, като външните и вътрешните изчислителни параметри са зададени съобразно експлоатационния режим на жилищни сгради през зимния период – таблица 3. Този подход позволява оценка както на топлотехническите характеристики на разглежданите стенни конфигурации, така и на тяхното поведение по отношение на пренос и натрупване на влага. В този контекст се създава основа за обективно сравнение и за формулиране на изводи относно ограждащи конструкции, изпълнени от конопобетон.

При изчисленията е приет стационарен режим, при който параметрите на климата се разглеждат като постоянни във времето. Прилагането на този подход е аргументирано в редица нормативни документи, според които се допуска използването на стационарен модел на изследване, когато отклонението спрямо динамичния режим не надвишава $\pm 10\%$ [21], което позволява опростяване на изчислителния процес без съществена загуба на точност.

Таблица 3. Климатични условия

| | | |
|---|--|---|
| Външни условия: (зимен период) | $\Theta_e = -16\text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_e = 80\%$ | Климатична зона 7: София и Подбалканска долина |
| Вътрешни условия: | $\Theta_i = +20\text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_i = 60\%$ | |
| Външни условия: (период на кондензация) | $\Theta_{e,k} = -10\text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_{e,k} = 90\%$ | |
| Външни/вътрешни условия: (период на изпарение) | $\Theta_{e,e} = +18\text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_{e,e} = 65\%$ | |

Определянето на кондензационния пад/зона е извършено с помощта на софтуерния продукт TePol [22], който позволява симулация на температурно-влажностния режим в слоевете на ограждащите елементи. Програмният продукт осигурява изобразяване на температурните линии, проследяване на кривите на парциалното и максималното налягане на водните пари, както и локализиране на зоните с потенциална опасност от възникване на конденз.

Оценката на топло-влажностното поведение на ограждащите елементи е извършена в съответствие с изчислителния подход, като се основава на следните критерии [14]:

- 1) Количеството на натрупаната влага през периода на кондензация да е по-малко от количеството на влагата, която може да се изпари в периода на изпарение:

$$W_k \leq W_u, \quad (1)$$

където W_k и W_u са съответно количеството кондензирана и изпарена влага в ограждащия елемент.

- 2) Влажността на материалите в зоната на конденз да остава по-ниска от максимално допустимата стойност, препоръчана в Наредба № РД-02-20-3 от 9.11.2022 г., Приложение № 4, Таблица 2 [14], която отчита влиянието на влагата върху топлоизолационните свойства и дълготрайността на материала:

$$x'_{uk} = x'_r + \Delta x'_{dif} \leq x_{\max}, \quad (2)$$

където x'_{uk} е общата влажност на материала, x'_r – равновесната (експлоатационна) влажност на материала, $\Delta x'_{dif}$ – натрупаната влага в резултат на дифузионното навлажняване, а x_{\max} е максимално допустимата влажност.

Натрупаната влага, в резултата от дифузионното навлажняване $\Delta x'_{dif}$ се изчислява по формулата:

$$\Delta x'_{dif} = \frac{100W_k}{d_z \rho}, \quad (3)$$

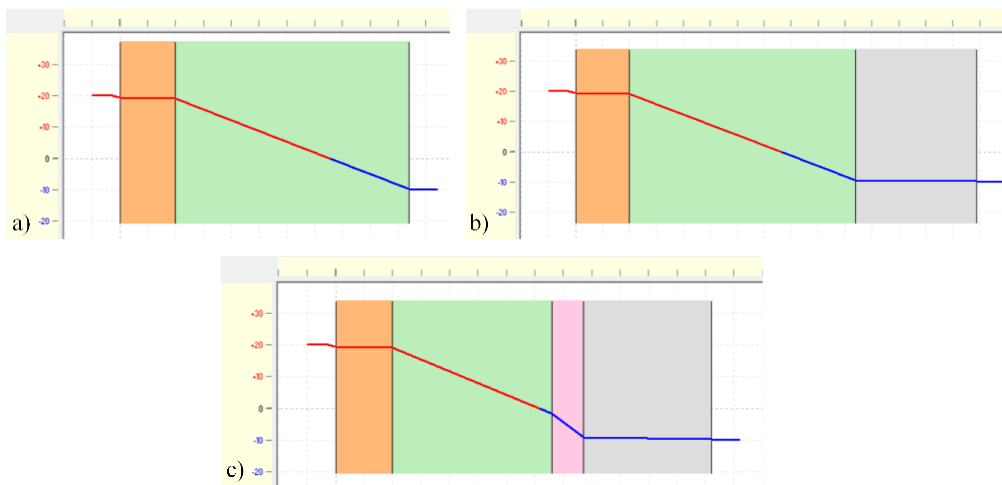
където W_k е количеството кондензирана влага, kg/m^2 ; d_z – широчината на зоната на кондензация, m; ρ – плътността на материала в зоната на кондензация, kg/m^3 .

Изчисляването по горната формула на $\Delta x'_{dif}$ не е възможно в случай на кондензационен пад в една равнина. Поради това се приема, че проверката трябва да бъде извършена и за двата материала на границата, на която възниква равнината на конденз, като е приета дебелина от 2 cm.

3. Резултати и анализ

Въз основа на представената методология и зададените гранични условия са изчислени и анализирани резултатите от топло-влажностния режим на описаните стенни конфигурации. Оценката е извършена съгласно изискванията на Наредба № РД-02-20-3 от 9 ноември 2022 г. [14], с цел да се установи вероятността за образуване на конденз и да се оцени поведението на ограждащите елементи по отношение на натрупване и изпарение на влагата.

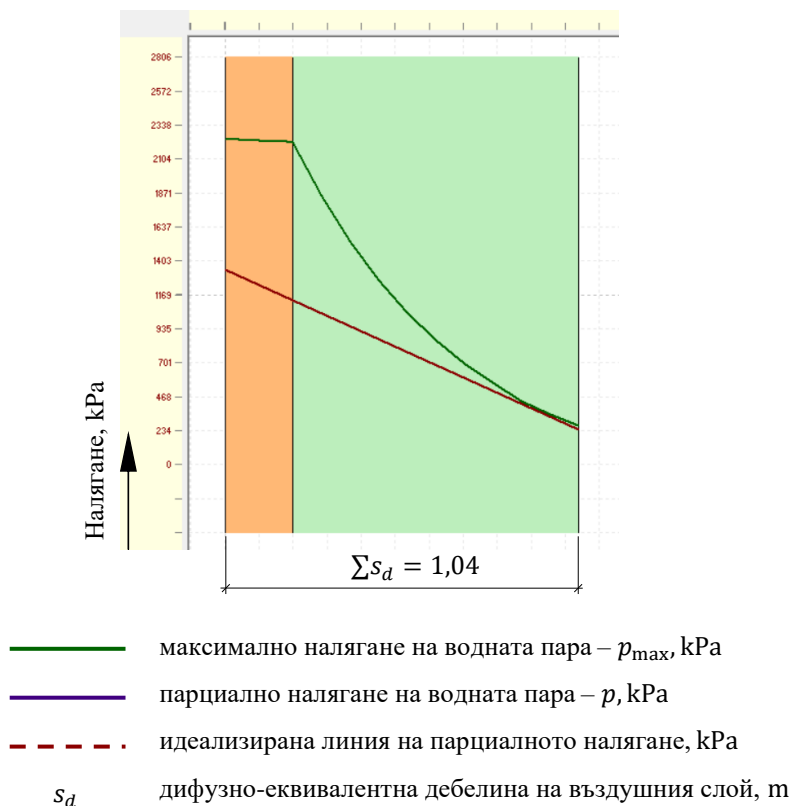
Температурното разпределение в ограждащия елемент е визуализирано чрез температурна линия за периода на кондензация, като отделните слоеве са представени чрез въздушно-еквивалентните им дебелини – фиг. 2. Въз основа на тази информация софтуерът генерира кривите на максималното налягане на водните пари (p_{\max}) и на парциалното налягане на водните пари (p).



Фиг. 2. Температурни линии за период на кондензация

а) Вариант 1; б) Вариант 2; в) Вариант 3

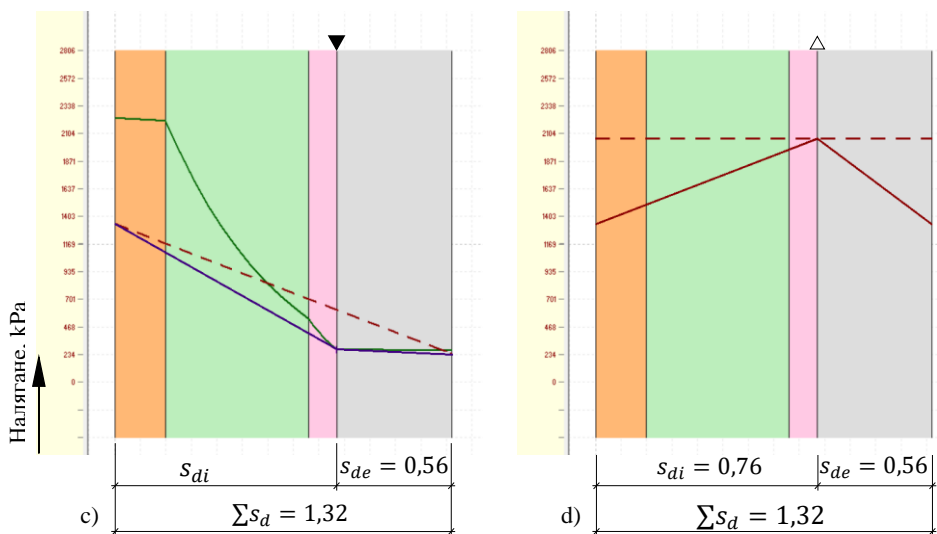
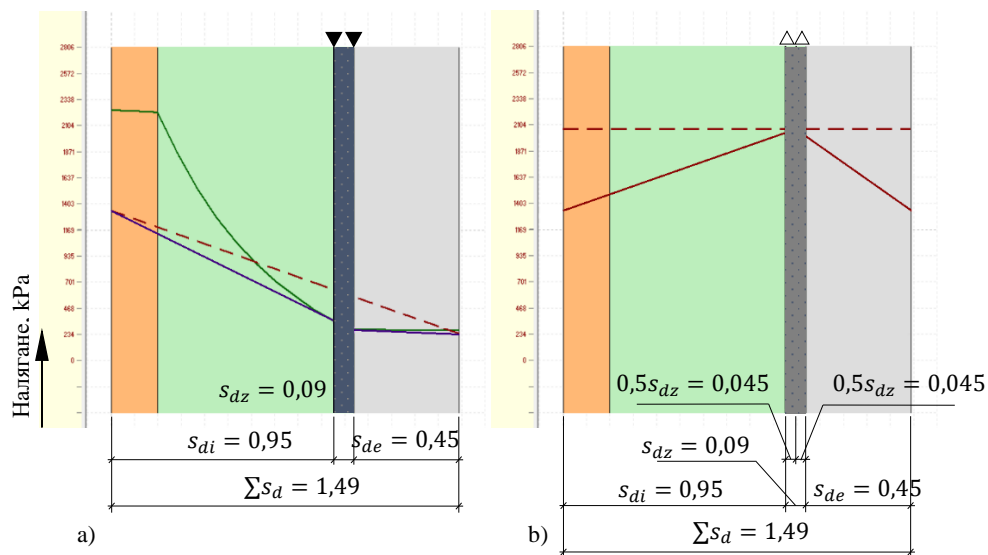
На фиг. 3 е изобразен резултатът от изследването на първата стенна конфигурация, като не се наблюдава пресичане на кривите на максималното и на действителното парциално налягане на водните пари. Това индикира за липсата на кондензационни процеси в изследваната стена. Може да се заключи, че при тази конфигурация на ограждащия елемент се поддържа режим, при който се гарантира надеждното функциониране на изследваната система при зададените гранични условия.



Фиг. 3. Криви на парциалното налягане (Вариант 1)

При втория изследван вариант – фиг. 4a) и 4b), се установява потенциал за образуване на зона на конденз (с дебелина ≈ 3 cm), като влагата се акумулира в слоя от конопобетон. Това явление се дължи на ограничената способност за дифузия на водни пари от вътрешната към външната среда, предизвикана от по-високото число на дифузно съпротивление на използваните покрития.

Подобно поведение се наблюдава и при третия изследван вариант на външна стенна ограждаща система – фиг. 4c) и 4d), където е интегриран допълнителен топлоизолационен слой, за сметка на основната конструкция от конопобетон, без промяна в общата дебелина на стената. Тази оптимизация води до изменение на дифузния баланс и формиране на равнина на конденз на границата между конопобетона и топлоизолационния слой.



- максимално налягане на водната пара – p_{\max} , кРа
- парциално налягане на водната пара – p , кРа
- - - идеализирана линия на парциалното налягане, кРа
- s_d дифузно-еквивалентна дебелина на въздушния слой, m

Фиг. 4. Криви на парциалното налягане

a) период на кондензация (Вариант 2); b) период на изпарение (Вариант 2);
 c) период на кондензация (Вариант 3); d) период на изпарение (Вариант 3)

За оценка на процесите на пренос на водни пари в стенните елементи е извършено изчисление на натрупаното количество влага през периода на кондензация – W_k (зимен период) и изпареното количество вода през периода на изсушаване – W_u (летен период). Резултатите, представени в табл. 4, потвърждават, че в нито един от разгледаните варианти на ограждаща система не се наблюдава задържане на влага, като е изпълнено условието $W_k \leq W_u$. Това потвърждава способността на конопобетона да се изсушава ефективно в рамките на периода на изпарение на водните пари, като този процес зависи съществено от дифузните свойства на отделните слоеве, тяхната конфигурация в общата структура на стената и от конкретните параметри на външната и вътрешната среда.

Таблица 4. Резултати от изчисленията на кондензацията и изпарението на влагата

| Вариант | Количество кондензирана влага – W_k , kg/m ² | Изпарено количество кондензна влага – W_u , kg/m ² |
|---------|---|---|
| 1 | – | – |
| 2 | 0,974 | 2,101 |
| 3 | 1,345 | 2,152 |

При анализа на втория критерий – $x'_{uk} = x'_r + \Delta x'_{dif} \leq x_{\max}$ оценката е затруднена поради факта, че няма експериментални и не са известни литературни данни за равновесната (x'_r) и максимално допустимата влажност (x_{\max}) на конопобетона. По тази причина са приложени данните за дървесновлакнести плочи ($x'_r = 14\%$ и $x_{\max} = 22\%$) съгласно [14].

При изчисляването на $\Delta x'_{dif}$ в случая на кондензационна равнина е прието проверката да бъде направена както за изолационния панел, така и за варовата мазилка, като за дебелината на зоната, в която влагата от граничната повърхност може да се разпредели, е от по 1 cm (≈ 1 cm). Поради липса на данни за x'_r и x_{\max} за топлоизолационните панели Agratherm Wall, е прието да се моделират с данни корк ($x'_r = 7,5\%$ и $x_{\max} = 15\%$).

Получените резултати са представени в табл. 5. Установено е, че при така направените приемания, изчислените стойности на влагосъдържанието в стенните елементи превишават максимално допустимите, което е предпоставка за влошаване на топлоизолационните свойства и намаляване на дълготрайността на материалите.

Таблица 5. Резултати от изчисленията на общата и максимално допустимата влажност в материалите

| Вариант | Местоположение на кондензацията | d_z cm | x'_r % | $\Delta x'_{dif}$ % | x'_{uk} % | x_{\max} % | Критерий: $x'_{uk} \leq x_{\max}$ |
|-----------|---------------------------------|-------------|-------------|------------------------|----------------|-----------------|--------------------------------------|
| 2 | конопобетон | 3,14 | 4,0 | 9,69 | 23,69 | 22 | не е изпълнено |
| 3 (сл. 1) | топлоизолац. панел | 1,0 | 7,5 | 67,27 | 74,77 | 15 | не е изпълнено |
| | варова мазилка | 1,0 | 1,8 | 5,61 | 7,41 | 5,8 | не е изпълнено |
| 3 (сл. 2) | топлоизолац. панел | 3,0 | 7,5 | 44,85 | 52,35 | 15 | не е изпълнено |
| 3 (сл. 3) | варова мазилка | 3,0 | 1,8 | 3,74 | 5,54 | 5,8 | изпълнено |

При вариант 2 (кондензационна зона) се наблюдава превишаване на допустимото съдържание на влага в конопобетона, като общата влажност е $x'_{uk} = 26,69\%$, при приета гранична стойност от $x_{max} = 22\%$.

При вариант 3 (кондензационен пад в равнина), при приемането за разпространение на влагата по 1 cm както в топлоизолационния панел, така и във варовата мазилка, се установява, че и в двата материала влажността превишава приетите гранични стойности – табл. 5. В зависимост от поровата структура на топлоизолационния панел и варовата мазилка е възможно влагата да дифузира само в единия или само в другия материал. В случай че това е варовата мазилка, при предпоставката, че влагата се разпределя по цялата ѝ дебелина (3 cm), се оказва, че тя няма да причини повреди (остава под максимално допустимата).

Разгледан е и трети случай, в който влагата ще дифузира само в топлоизолационния панел на разстояние също 3 cm. Дори и при по-голяма приета дебелина, максималната влажност надвишава приетата.

Следователно, въпреки че в разгледаните стенни ограждащи структури не се установява трайно натрупване на влага след периода на изпарение, съществува риск от сериозно влошаване на топлоизолационните свойства на конопобетона и конопената топлоизолация, където биха се създали и благоприятни условия за развитие на плесени и опасни микроорганизми.

4. Заключение

Анализът на топло-влажностното поведение на стенни елементи от конопобетон показва, че въпреки неговите отлични топлофизични свойства, при определени стенни структури съществува риск от кондензация на влага във вътрешността на стената.

Подборът на вида на вътрешните и външните покрития върху конопобетона е ключов фактор този риск да бъде минимизиран: външните слоеве трябва да осигуряват добра паропропускливост, а вътрешните – да ограничават проникването на водните пари.

Изследваните три случая на стени с различна структура показаха, че дори при поява на влага в периода на кондензация, тя може да се изпари изцяло в периода на изпарение. Въпреки това, необходимо е да се проведат изследвания върху определянето на максимално допустимото и равновесното влагосъдържание на конопобетона, както и върху оценката на риска от развитие на плесени и гъбички при различни експлоатационни условия.

В заключение може да се обобщи, че резултатите от изследването потвърждават потенциала на конопобетона като решение за устойчиво и екологично строителство – при правилно проектиране на ограждащата конструкция конопобетонът осигурява здравословен микроклимат.

Благодарности

Авторът изказва благодарност на проф. Пламен Чобанов за съдействието при решаването на изчислителната задача с разработения от него софтуер и за визуализацията на представените резултати, както и на своя научен ръководител доц. Румяна Захариева за ценните насоки и подкрепата.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Global Alliance for Buildings and Construction. Global Status Report For Buildings and Constructions, 2022.
2. European Council. Energy and Climate Framework 2030, European Council 23/24 October 2014 – Conclusions, EUCO 169/14.
3. *Sinka, M. et al.* Comparative life cycle assessment of magnesium binders as an alternative for hemp concrete. *Resour Conserv Recycl* 133, 288 – 299, 2018.
4. *Bakkour, A., Ouldboukhitine, S. E., Biwole, P., Amziane, S.* A review of multi-scale hygrothermal characteristics of plant-based building materials. *Construction and Building Materials* vol. 412 Preprint at, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134850>.
5. *Dinov, N., Zaharieva, R.* Konopobetonat kato alternativen izolatsionen material s nisak ekologichen otpechatak. Proceedings of II Youth Scientific Conference with international participation „Design and Construction of Buildings and Facilities“, November 09 – 10, 2023, Sofia, Bulgaria ISSN 2738-7887 (online); ISSN 2738-7879 (CD-ROM).
6. *Stanwix, William, Sparrow, Alex.* The Hempcrete Book : Designing and Building with Hemp-Lime. Green Books, 2014.
7. *Arehart, J. H., Nelson, W. S., Srubar, W. V.* On the theoretical carbon storage and carbon sequestration potential of hempcrete. *J Clean Prod* 266, 2020.
8. *Adam, L., Isopescu, D.-N.* Physico-Mechanical Properties Investigation of Hempcrete. // *Journal of Applied Life Sciences and Environment*, 55, 75 – 84, 2022.
9. *Walker, R., Pavía, S.* Moisture transfer and thermal properties of hemp-lime concretes. *Constr Build Mater* 64, 270 – 276, 2014.
10. *Ruus, A., Koosapoe, T., Pau, M., Kalamees, T., Põldaru, M.* Influence of production on hemp concrete hygrothermal properties: Sorption, water vapour permeability and water absorption. // *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2069, Institute of Physics, 2021.
11. *Pietruszka, B., Gołębiewski, M., Lisowski, P.* Characterization of Hemp-Lime Bio-Composite. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 290, 012027, 2019.
12. *Abdellatef, Y., Khan, M. A., Khan, A., Alam, M. I., Kavgic, M.* Mechanical, thermal, and moisture buffering properties of novel insulating hemp-lime composite building materials. *Materials* 13, 1 – 18, 2020.
13. *Chris Magwood.* Essential Hempcrete Construction: The Complete Step-by-Step Guide (Sustainable Building Essentials Series, 1). New Society Publishers, 2016.
14. MRDPW Regulation No. RD-02-20-3 of November 9, 2022, on the Technical Requirements for the Energy Performance of Buildings.
15. *Collet, F., Chamoin, J., Pretot, S., Lanos, C.* Comparison of the hygric behaviour of three hemp concretes. *Energy Build* 62, 294 – 303, 2013.
16. *Evrard, A., de H. A.* Hygrothermal performance of lime–hemp wall assemblies. *J Build Phys* 34, 5 – 25, 2010.
17. <https://www.iso hemp.com/fr/documents>, poseten na 29.12.2025.
18. <https://www.sevarex.com/products/konopena-izolacia/>, poseten na 29.12.2025.
19. <https://claytec.de/en/product/clay-plasters/clay-undercoat-plaster-with-straw/>, poseten na 29.12.2025.
20. <https://tecnocanapa-bioedilizia.it/lcn-natural-lime-plaster/?lang=en>, poseten na 29.12.2025.
21. *Chobanov, P.* Energiyna Efektivnost v Stroitelstvoto. UASG, Sofia, 2017.
22. TEPOL – prof. Plamen Chobanov. Verified according to standard BDS EN ISO 10211:2008.

HYGROTHERMAL BEHAVIOR OF HEMPCRETE WALLS

N. Dinov¹

Keywords: hempcrete, hygrothermal performance, condensation, vapor permeability, sustainable construction, energy efficiency

ABSTRACT

Building materials based on natural renewable resources are a key factor in reducing the environmental footprint of the construction industry. Among them, hempcrete stands out – a biocomposite obtained by mixing hemp fibers with a binder based on building lime and water. Its natural origin, good thermal and acoustic insulation properties, and excellent vapor permeability ensure an optimal indoor environment. Nevertheless, broader application of hempcrete in construction requires addressing challenges related to its hygrothermal behavior. The aim of the present study is to assess the conditions under which there is a risk of condensation within walls made of hempcrete and to formulate guidelines for their optimal design and implementation. The enclosing wall structures are designed so that the maximum thermal transmittance coefficient U does not exceed $0,26 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. The hygrothermal regime is analyzed in accordance with the Bulgarian regulatory standards, under steady-state conditions, for Climate Zone 7. Several structural solutions for hempcrete enclosing walls with different combinations of internal and external plaster coatings are considered. The influence of various indoor microclimate parameters is also analyzed. It was found that under high indoor relative humidity and certain combinations of coating types, conditions may arise in the enclosing structure that favor moisture accumulation. In most cases, this moisture, accumulated during the condensation period (winter), evaporates completely during the evaporation period (summer). The humidity level is considered relatively low, posing no risk of mold growth or significant deterioration of the structural and thermal insulation properties of hempcrete. Given the lack of sufficient data on the equilibrium and maximum allowable moisture content of hempcrete, guidelines are proposed to prevent condensation within hempcrete walls.

¹ Nikolay Dinov, Eng. PhD student, Dept. “Building Materials and Insulations”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: n.dinov_fce@uacg.bg