

## ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИ СГРАДИ – ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ДОБРИ ПРАКТИКИ (НАУЧНА СТУДИЯ)

Силвия Лецковска, Камен Сейменлийски,  
Атанас Йовков, Радослав Симионов, Полина Градинарова  
Бургаски свободен университет

## ENERGY EFFICIENT BUILDINGS – CHALLENGES AND GOOD PRACTICES (SCIENTIFIC STUDY)

Silviya Letskovska, Kamen Seymenliyski,  
Atanas Yovkov, Radoslav Simionov, Polina Gradinarova  
Burgas Free University

**Резюме:** Намалването на енергийното потребление на сградите е от съществено значение за смекчаването на климатичните промени и представлява ключов фактор за постигане на устойчивост в градската среда. Това е особено критично в контекста на масовата урбанизация в развиващите се страни, където бързият градски растеж задълбочава енергийните предизвикателства и повишава нуждата от ефективни стратегии за създаване на устойчиви и енергийно-ефективни градски среди.

Настоящата студия разглежда различни подходи и технологии за намаляване на потреблението на енергия в жилищни сгради. Тяхното прилагане е стъпка напред за постигане на техническите характеристики на сгради с почти нулева консумация.

**Ключови думи:** Сгради с почти нулева консумация, възобновяеми енергийни източници, дигитални технологии, пасивни сгради.

**Abstract:** Reducing the energy consumption of buildings is essential for mitigating climate change and is a key factor in achieving sustainability in the urban environment. This is particularly critical in the context of mass urbanization in developing countries, where rapid urban growth exacerbates energy challenges and increases the need for effective strategies to create sustainable and energy-efficient urban environments.

The current study examines different approaches and technologies for reducing energy consumption in residential buildings. Their application is a step forward to achieve the technical characteristics of buildings with almost zero consumption.

**Key words:** Buildings with almost zero consumption, renewable energy sources, digital technologies, passive buildings.

### Въведение

В страните на ЕС е приета следната класификация на сградите:

- Ниско енергийни сгради. Използват поне 50% по-малко енергия от стандартните сгради, построени по настоящите енергийни стандарти.
- Свръхнискоенергийни домове. Те консумират 70÷90% по-малко енергия от конвенционалните сгради. Примери за къщи със свръхниска консумация на енергия с

ясно определени изисквания са немската пасивна къща, френската Effnergie и швейцарската Minergie. Пионерът в изграждането на такива къщи е пасивната къща, която е разработена в Германия в Дармшат през 90-те години.

Една сграда се счита за „пасивна“, ако отговаря на изискванията, разработени от Германския институт за пасивни сгради.

Пасивна“ къща е къща с отлична топлоизолация и минимална консумация на електроенергия и топлина. Поддържа комфортен микроклимат главно благодарение на човешката топлина, слънчевата енергия и домакинските електрически уреди като чайник, печка и др. Технологиите за пасивни къщи (сгради със свръхниска консумация на енергия, без традиционна отоплителна система) са ефективни и вече са тестовани в суровия скандинавски климат. Такива къщи практически нямат топлинни загуби [1, 2, 3].

- Сгради, които генерират енергия. Това са сгради, които произвеждат електроенергия за собствени нужди. В някои случаи излишната енергия през лятото може да бъде продадена на енергийната компания и изкупена обратно през зимата. Добрата топлоизолация, иновативният дизайн и използването на възобновяеми енергийни източници (слънчеви панели, земни термопомпи) правят тези къщи авангард на съвременното жилищно строителство.

- Домове с нулеви CO<sub>2</sub> емисии. Най-често използван термин в Обединеното кралство. Такава къща не отделя CO<sub>2</sub>. Това означава, че домът е самодостатъчен с енергия от възобновяеми източници, включително енергия, използвана за отопление/охлаждане на помещения, топла вода, вентилация, осветление, готвене и електрически уреди. В Обединеното кралство всички нови жилища от 2016 г. насам са построени по този стандарт.

В Европа съществува следната класификация на сградите в зависимост от нивото им на енергопотребление:

- „Стари сгради“ (сгради, построени преди 70-те години на миналия век) – за отоплението им са необходими около 300 kWh/ m<sup>2</sup> год.

- „Нова сграда“ (които са построени от 1970-те до 2000 г.) – не повече от 150 kWh/m<sup>2</sup> год.

- „Къща с ниска консумация на енергия“ (от 2002 г. в Европа не е разрешено строителството на къщи с по-нисък стандарт) – не повече от 60 kWh/m<sup>2</sup> год.

- „Пасивна къща“ – не повече от 15 kWh/m<sup>2</sup> год..

- „Къща с нулева енергия“ (сграда, която има същия архитектурен стандарт като пасивната къща, но е проектирана по такъв начин, че консумира само енергията, която самата тя произвежда) – 0 kWh/m<sup>2</sup> год.

- „Къща плюс енергия“ или „активна къща“ (сграда, която с помощта на монтирано в нея инженерно оборудване: слънчеви панели, колектори, термопомпи, рекуператори, земни топлообменници и др., би генерирала повече енергия, отколкото самата тя консумира).

Директивата за енергийните характеристики на сградите, приета от страните от ЕС през декември 2009 г., изисква всички нови сгради да бъдат близо до енергийно неутрални до 2020 г.

В Съединените щати стандартът изисква консумацията на енергия за отопление на дом да бъде не повече от 1 BTU на квадратен фут площ.

В Обединеното кралство пасивната къща трябва да използва 77% по-малко енергия от конвенционалната къща.

От 2007 г. всеки дом, продаден в Англия и Уелс, трябва да има рейтинг за енергийна ефективност. Сертификатът за енергийни характеристики е задължителна част от информационния пакет на къщата. Всяко жилище за продажба ще бъде инспектирано от независим инспектор, който ще определи степента на ефективност на дома по отношение на потребление на енергия и емисии на CO<sub>2</sub>.

В Ирландия се изисква пасивната къща да консумира 85% по-малко енергия от стандартен дом и да отделя 94% по-малко CO<sub>2</sub> от стандартен дом.

Новите домове в Испания от март 2007 г. трябва да бъдат оборудвани със слънчеви бойлери, за да осигурят между 30% и 70% от нуждите им от топла вода, в зависимост от местоположението на дома и очакваното потребление на вода. Нежилищните сгради (търговски центрове, болници и др.) трябва да имат фотоволтаично оборудване.

## I. СТАНДАРТИ ЗА ЕНЕРГИЙНО ЕФЕКТИВНИ СГРАДИ

Сред многото стандарти за енергийно ефективни сгради в Европа най-често срещаните са *Effinergie*, *Minergie* и *Passivhaus*.

Изграждането на къщи по тези стандарти струва 5÷15% повече от изграждането на конвенционални сгради, но те са предпочитани, тъй като позволяват на собствениците значително да спестят електроенергия.

▪ **Effinergie** е стандарт за енергийно ефективни домове, създаден във Франция. Асоциацията Effinergie е създадена през 2006 г. Този стандарт включва три основни етикета:

▪ BBC-Effinergie: изграждане на нискоенергийни къщи (Bâtiments Basse Consommation, BBC); консумация на енергия – не повече от 50 kWh/m<sup>2</sup> годишно;

▪ Effinergie Rénovation: реконструкция на сгради; консумация на енергия – до 80 kWh/m<sup>2</sup> годишно;

▪ Effinergie+: подобрената херметичност на сградата намалява потреблението с до 40 kWh/m<sup>2</sup> годишно.

Изискванията за консумация на енергия варират в зависимост от географската област на Франция. Така в северната част на страната нормата е 65 kWh/m<sup>2</sup> годишно, на брега на Средиземно море – 40 kWh/m<sup>2</sup> годишно. Например в южната част на Франция, в град Ванс, е построена къща с жилищна площ от 166 m<sup>2</sup>, чиято консумация на енергия е 37,6 kWh/m<sup>2</sup> годишно. Ефективността се дължи на факта, че покривът е топлоизолиран с минерална вата с дебелина 30 cm и е монтиран стъклопакет.

Идеята е да се намали потреблението на енергия за новите къщи до 0 kWh/m<sup>2</sup> годишно. Този нов стандарт се нарича *Bepos* (bâtiment à énergie positive) – стандартът за сгради с положителна енергия.

През ноември 2013 г. е построена първата къща по стандарта *Bepos-Effinergie* в Западна Франция. Къщата не консумира енергия, а я произвежда (консумацията е 122 kWh/m<sup>2</sup> годишно). Поради тази причина такива сгради се наричат „активни“.

**Пасивната къща** е сграда, която е проектирана и конструирана според строг набор от критерии с цел осигуряване на максимален комфорт с минимална обща консумация на енергия. Строителството на къщата е детайлизирано по такъв начин, че топлинните загуби да са сведени до абсолютен минимум, а вътрешните топлинни печалби да са максимизирани. В резултат на това конвенционалните отоплителни системи могат да бъдат премахнати и отоплението на помещението може да се осигури в достатъчна степен чрез пасивни източници като телесна топлина и слънце.

В основата на концепцията за пасивната къща е идеята за натрупването и запазването на енергията. Пасивната къща се проектира така, че да е с ефективна „обвивка“,

недопускаща загуби на енергия. Това дава възможност такава сграда да се отоплява предимно от пасивното натрупване на слънчевата топлина – оттам и понятието „пасивна“. Получаването на ефективната обвивка се реализира чрез различни стратегии, които варират според географското положение на терена, неговия релеф, наклон, наличието на местни енергоизточници /като например река или геотермални ресурси и др.

Първите пасивни сгради в Европа са чисто експериментални. Първоначално това са малки инвестиционни проекти, предимно за еднофамилни къщи. Постепенно, с натрупване на опит, научни изследвания и анализи се постигат добри резултати и се създават методики за проектиране на такъв тип сгради. Днес в Европа има построени хиляди пасивни сгради – еднофамилни и многофамилни жилищни сгради, училища и детски градини, офиси.

Независимо от това, че тези фактори се вземат под внимание, основните елементи на пасивната сграда са ефективната топлоизолация на стените и таваните /с минимално топлопредаване/, прозорци с минимални загуби, използването на термална маса, прилагането на пасивни слънчеви стратегии и др.

*Нулево-енергийният дом* е технически напредък на пасивната енергийна къща. Средногодишно такава къща показва балансиран баланс между енергията, изразходвана за нейното отопление, топла вода, спомагателна и битова електроенергия, и енергията, генерирана от самата къща, например чрез слънчеви колектори. С други думи, това е къща, която произвежда точно толкова, колкото консумира, и не използва друго електричество освен собственото си.

Домовете с нулева енергия се характеризират с особено високо ниво на комфорт с много ниска консумация на енергия. Това се постига основно чрез пасивни компоненти (енергийно ефективни прозорци, херметична обвивка на сградата, особено добра топлоизолация, контролирана жилищна вентилационна система с възстановяване на топлината и последователно използване на регенеративна енергия, например чрез геотермални колектори или слънчеви топлинни системи).

Ясно е, че потреблението на енергия на дом с нулево нетно потребление е значително по-ниско от сравним стандартен дом, което не само е от полза за околната среда в дългосрочен план, но също така защитава портфейла на собственика.

Изграждане на дом с нулево потребление на енергия включва:

- Добра външна изолация. Покривът и фасадата изискват специална топлоизолация. За да отговори на изискванията за нулевоенергиен дом, дебелината на изолацията в покривната зона при студен климат трябва да бъде около 30 сантиметра. В допълнение, към обичайната изолация с минерална вата или специални изолационни панели между гредите, е необходимо да се постави и допълнителен изолационен материал под гредите. Фасадата също трябва да бъде напълно изолирана, за да се избегнат топлинни мостове с изолацията отвън. Може да се използва както кръстосана изолация с минерална вата, така и пръскани композитни системи от полистирен, минерална вата и полиуретан. Дебелината на стената на изолацията трябва да бъде най-малко 26 cm.

- Вентилационна система с рекуперация на топлина. Използваният (и топъл) от кухнята, банята и тоалетната преминава през топлообменник, където топлият въздух отдава енергията си на свежия въздух, идващ отвън. Вентилационните канали, необходими за тази технология, са включени в проекта за нулево енергиен дом от самото начало. Предимството на такава система, в допълнение към спестяването на енергия, е постоянен приток на чист въздух, който създава приятен и здравословен микроклимат в помещението.

- Използване на домакински уреди с ниска консумация на енергия.
- Следващите стъпки към дом с нулева нетна енергия е използването на захранващи устройства с ниска енергия и, разбира се, електрически устройства, които не преминават просто в режим на готовност, когато са изключени (и по този начин използват почти толкова електричество, колкото и когато работят), но всъщност са изключени от електрическата мрежа.
- Използване на слънчева и вятърна енергия. Най-евтино и ефективно е сами да се използва генерираната слънчева енергия за устройства и термопомпи.

Предимствата на дома с нулево потребление на енергия са: ниски разходи за отопление поради „самостоятелност“ и независимост от цените на петрола и газа, пренапреженията на тока и прекъсвания на електрозахранването поради аварии в мрежата; оптимално защитени са околната среда и климата, тъй като отоплителната система не произвежда CO<sub>2</sub> емисии; постоянно наличие на чист въздух без течения или температурни промени – дори пращецът, прахът и димът могат да бъдат филтрирани. През лятото комфортът на обитаване се постига чрез намаляване на температурата в къщата.

Идеята за *Minergie* е разработена през 1994 г. от Heinz Ubersachs и Rydi Kriesi. Първите къщи, построени по този стандарт, се появяват през същата година в Швейцария. През 1997 г. Minergie като търговска марка е придобита от кантоните Цюрих и Берн. През 1998 г. е основано сдружение Minergie. Този стандарт се поддържа от Швейцария и Лихтенщайн.

Етикетът Minergie се присъжда на нови или реновирани сгради, които отговарят на високи изисквания за опазване на околната среда и енергийна ефективност. Основните изисквания са наличието на повишена топлоизолация, елиминираща загубата на топлина през студения сезон и енергоспестяваща двупоточна вентилация, която осигурява прохладата през лятото.

Отоплителната система работи на възобновяеми енергийни източници (слънчева и вятърна енергия). Коефициентът на топлопроводимост на стените, покривите и подовете не трябва да бъде по-малък от 0,2 W/m<sup>2</sup> K, на прозорците – 1,3 W/m<sup>2</sup> K. Консумацията на енергия за нови къщи не трябва да надвишава 38 kWh/m<sup>2</sup> годишно, за реконструирани жилища – 60 kWh/m<sup>2</sup>.



Фиг. 1. Първата пасивна къща в света в град Дармщат, квартал Кранихщайн (Германия).

Къща Minergie позволява да се спести до 60% енергия. Освен това стандартът не изисква използването на специални материали или технологии. Но има недостатък: разходите за изграждане на дом Minergie са с около 10÷15% по-високи от средните за обикновен дом.

Стандартът за пасивна къща (*Passivhaus*) е разработен в началото на 90-те години в германския град Дармщат (Фиг. 1).

Passive House Institute (PHI) е основан през 1996 г. от създателя на концепцията професор Волфганг Файст. Базиран в Дармщат, Германия, институтът е разработил стандарта за пасивна къща на база на мащабни изследвания и мониторинг на хиляди проекти за пасивни къщи.

Успехът на стандарта за пасивна къща в Европа се дължи отчасти на експертните насоки и схеми за сертифициране, ръководени от PHI, а също и благодарение на подкрепата на ЕС и уважавани професионални институции, които са приели стандарта.

Европейски проекти като CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards – Ефективни пасивни къщи като европейски стандарти) и PER (Promotion of European Passive Houses – Насърчаване на европейски пасивни къщи) бяха стартирани за оценяване на потенциала на стандарта за пасивната къща по отношение на осигуряването на достъпни нискоенергийни домове, като стандарт, приложим в цяла Европа. Тези проекти бяха много успешни и изиграха голяма роля в развитието на пасивната къща.

Важно е да се отбележи от самото начало, че „Пасивна къща“ не е законово защитено понятие, следователно всеки може да твърди, че сградата му е пасивна къща. Въпреки това, истинското доказателство, че една сграда е пасивна, е сертификация от PHI или от независимо признат представител на PHI.

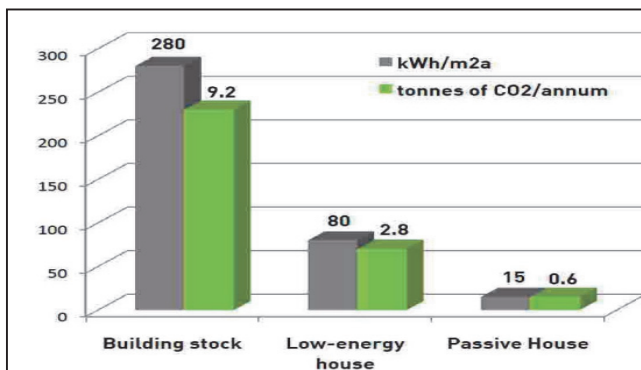
Предоставянето на сертифицирани продукти за пасивна къща е допълнителна услуга, предлагана от PHI, целяща да направи сертифицирането по-постижимо.

PHI е съставил списък с продукти, одобрени за строеж на пасивна къща, такива като модули MVHR, прозорци и врати и т.н., които са тествани независимо и е доказано, че се изпълняват критериите и подкритериите за пасивна къща.

#### ▪ Критерии и основни характеристики за пасивна къща

Сграда, проектирана по стандарта за пасивна къща, трябва да осигури отлично качество на въздуха в помещенията с намалени вътрешни замърсители и постоянен приток на свеж въздух, намаляване на разходите за поддръжка и експлоатация, както и драстично намаляване на потреблението на енергия и емисиите на CO<sub>2</sub>.

Данни за емисиите на CO<sub>2</sub> и използването на енергия на година за различните типове къщи са показани на Фиг. 2.



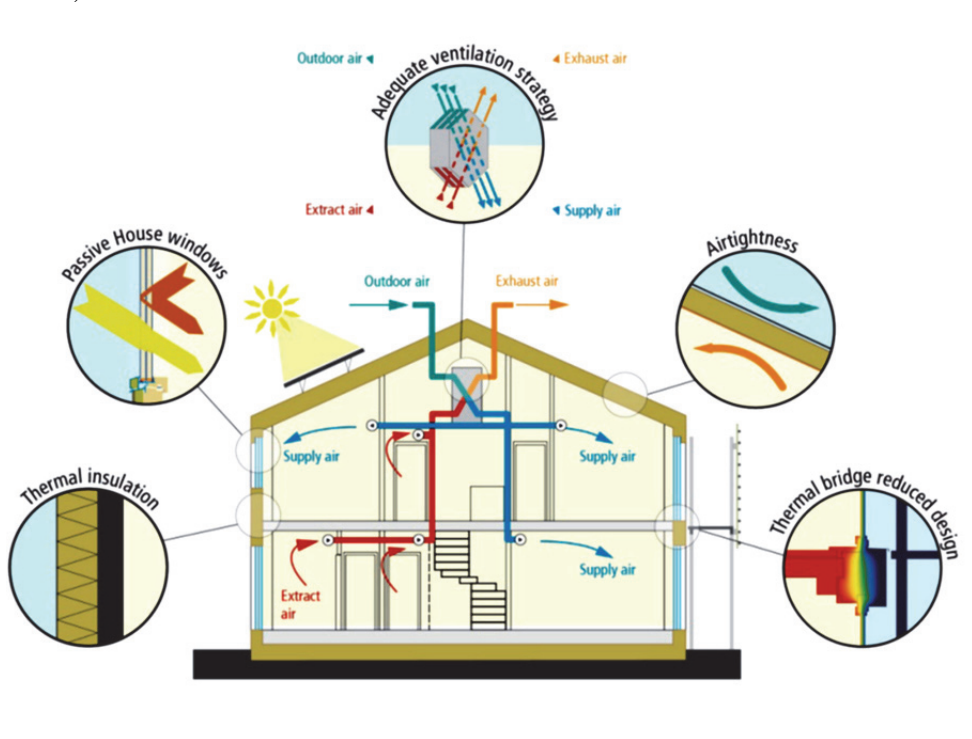
Фиг. 2. Емисии на CO<sub>2</sub> и използвана енергия/ година за различни типове къщи.

Къща с рейтинг А е нискоенергийна къща (методология на BER). „Пасивна“ къща е къща, проектирана да има потребление на топлина, което е толкова ниско, колкото е практически постижимо; Ниско въглеродно или Къща с нулеви въглеродни емисии е къща, която е отговорна за малко или никакви въглеродни емисии.

Основните критерии при изграждане на пасивна къща са:

- Потребност за отопление на помещения  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$ ;
- Отоплителен товар на сградата  $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ ;
- Полезна нужда от охлаждане  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$ ;
- Потребление на първична енергия  $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2)$ ;
- Херметичност на сградата  $\leq 0,6 \text{ ac}/\text{h}^{-1}$ ;
- Честота на прегряване  $\leq 10\%$ .

Следните пет основни принципа се прилагат при изграждането на пасивни къщи (Фиг. 3):



Фиг. 3. Пет основни изисквания при изграждането на пасивни къщи.

#### 1) Теплоизолация.

Всички непрозрачни строителни компоненти на външната обвивка на къщата трябва да бъдат много добре изолирани. За повечето хладни и умерени климатични условия това означава коефициент на топлопреминаване ( $U$ -стойност) от най-много  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , т.е. губят се максимум 0,15 вата на градус температурна разлика и на квадратен метър външна повърхност.

## 2) Прозорци на пасивна къща

Прозоречните рамки трябва да бъдат добре изолирани и снабдени с нискоемисионни стъкла, пълни с аргон или криптон, за да се предотврати преносът на топлина. За повечето хладни и умерени климатични условия това означава U-стойност от 0,80 W/(m<sup>2</sup>K) или по-малко, с g-стойности около 50% (g-стойност = обща слънчева пропускливост, съотношение на слънчевата енергия, налична за помещението).

## 3) Възстановяване на топлина от вентилация

Ефективната вентилация с възстановяване на топлината е от ключово значение, което позволява добро качество на въздуха в помещенията и спестява енергия. В пасивната къща най-малко 75% от топлината от отработения въздух се прехвърля отново към свежия въздух чрез топлообменник.

## 4) Херметичност на сградата

Неконтролираното изтичане през пролуките трябва да бъде по-малко от 0,6 от общия обем на сградата на час по време на изпитване под налягане при 50 Pascal (както под налягане, така и без налягане).

## 5) Липса на термомостове

Всички ръбове, ъгли, връзки и прониквания трябва да бъдат планирани и изпълнени много внимателно, така че да се избегнат топлинни мостове. Топлинните мостове, които не могат да бъдат избегнати, трябва да бъдат сведени до минимум, доколкото е възможно.

От 2019 г. в Европа трябва да се строят сгради с показатели, не по-ниски от изискванията на стандарта за пасивни къщи.

В същото време къщите с нулева или плюс енергия не се различават от тези, изградени на база стандарта за пасивни сгради, по своите архитектурни и планови решения и принципи на строителство. При тях са увеличени обема и мощността на инженерното оборудване, базирано на алтернативни източници на енергия.

Съответствието с критериите за пасивна къща се проверява с помощта на пакета за планиране на пасивни сгради (Passive House Planning Package – PHPP) през целия процес на проектиране и строителство.

PHPP е усъвършенстван инструмент за проектиране, специално разработен от PHI за точно планиране и изчисляване на сгради за пасивна къща. В допълнение към изчисленията на PHPP, има редица подкритерии, които имат за цел да направят сертифицирането по-лесно и по-постижимо.

Както при всеки проект, обектът и околността ще играят основна роля за това, което в крайна сметка е възможно. Съществуват обаче редица постоянни фактори, които могат да подобрят ефективността на сградата по отношение на превръщането ѝ в пасивна къща.

При условие, че проектът отговаря на критериите за ефективност и е моделиран в PHPP, дизайнерът има висока степен на гъвкавост при проектирането на пасивна къща, както пожелае.

PHPP е специализиран софтуерен инструмент, базиран на електронна таблица в Excel, разработена от Passivhaus Institute в Германия. Той служи като инструмент за енергийно моделиране и проверка на дизайна за проекти за пасивни къщи.

Софтуерът взема предвид различни фактори като местоположение на къщата, ориентация, ниво на къщата по отношение на това колко високо се намира сградата над морското равнище, геометрия на сградата – форм фактор, строителна тъкан, стратегия за вентилация, слънчеви печалби и вътрешни източници на топлина, за да изчисли енергията работа на сградата през цялата година.

Софтуерът трябва да се използва от сертифициран дизайнер или консултант на пасивна къща, тъй като е доста сложен и има много малко място за грешка, когато става въпрос за постигане на критериите за пасивна къща. Но в същото време софтуерът може да се използва за онези проекти, които не се стремят непременно към постигане на сертифициране.

Той позволява тестване на дизайна и носи всички предимства по отношение на оценката на дизайна спрямо критериите за топлинна ефективност, като помага при вземането на решения за проектиране, както и подпомагане на строителите при вземането на специфични решения. Позволява да се увеличи максимално потенциалът на местоположението и ориентацията на обекта в новия дом и се основава на всички онези пасивни и налични елементи от заобикалящата среда, които да бъдат включени в дизайна [4, 5, 6, 7].

PHPP използва данни за местния климат за прецизна оценка на потреблението на енергия, по-специално търсенето на отопление, подпомагайки бюджетирането на проекта. construction of Passive Houses:

- **Енергийния баланс:** PHPP изчислява общия енергиен баланс на сградата, като взема предвид както топлинните загуби, така и топлинните печалби. Този анализ помага да се идентифицират области, в които енергийната ефективност може да бъде подобрена, което води до намалено търсене на енергия;

- **Оптималната изолация:** Използвайки PHPP, строителите сами могат да определят най-подходящата дебелина на изолацията за подове, стени и покриви въз основа на климатичните данни и желаните нива на комфорт. Адекватните нива на изолация гарантират минимални топлинни загуби и постоянни вътрешни температури;

- **Херметичност:** PHPP помага да се оцени херметичността на обвивката на сградата и нейните различни проектирани нива върху цялостната енергийна ефективност. Най-общо казано, намаляването на изтичането на въздух повишава енергийната ефективност и предотвратява теченията и проблемите, свързани с влагата, а тежката стойност за пасивните къщи при 0,6 скорост на обмен на въздух при 50 Pa разлика в налягането, е много добро ниво на критерии за ефективност;

- **Избор на прозорци:** PHPP позволява оптимизиране на разположението на прозореца, ориентацията и вида на остъкляването. Това осигурява максимална слънчева печалба през по-студените месеци и минимизира прегряването през лятото.

- **Стратегии за вентилация:** Софтуерът помага при установяване на стратегия за вентилация и спецификация на ефективна механична вентилационна система с възстановяване на топлината, осигуряваща постоянен приток на свеж въздух без ненужни загуби на топлина;

Още през 2010 г. беше приета Директивата за енергийните характеристики на сградите (EPBD) 2010/31/EU, която постановява, че от 31 декември 2020 г. всички нови сгради в ЕС трябва да бъдат построени като сгради с близко до нулево потребление на енергия (почти нулево) – енергийни сгради).

Според тази директива от 2020 г. всички обществени сгради – съществуващи или планирани – трябва да отговарят на стандарта nZEB.

За да се постигне почти нулево или дори нулево потребление на енергия от самото начало на експлоатацията на една сграда е необходимо използването на: фотоволтаични клетки; технологии, работещи на принципа на „термопомпа“; технологии, използващи възобновяеми енергийни източници: микро-СНР на биомаса, ветрогенератори и други; вентилация на принципа на възстановяване на топлината; съвременни ефективни изолационни материали в строителството; прозорци с троен стъклопакет

при остъкляване на сгради; програми за автоматизация на системи за домашно инженерство, които оптимизират енергийните разходи (като „Умна къща“).

Предложението на Комисията за преразглеждане на директивата (декември 2021 г.) прави крачка напред от сегашната NZEB към сграда с нулеви емисии (ZEB), привеждайки изискването за енергийни характеристики на новите сгради към по-дългосрочната цел за неутралност на климата и „принципа на енергийната ефективност на първо място“.

Директивата за енергийните характеристики на сградите изисква държавите от ЕС да гарантират, че всички нови сгради са почти нулево енергийни до края на 2020 г., докато всички нови обществени сгради трябва да бъдат почти нулево енергийни след 31 декември 2018 г.

Съгласно предложението на директивата сграда с нулеви емисии се определя като сграда с много висока енергийна ефективност, с много ниското количество все още необходима енергия, изцяло покрито от енергия от възобновяеми източници и без въглеродни емисии на място от изкопаеми горива.

Изискването на ZEB следва да се прилага от 1 януари 2030 г. за всички нови сгради, а от 1 януари 2027 г. за всички нови сгради, обитавани или притежавани от публични органи.

През 2016 г. Комисията разработи насоки за насърчаване на NZEB, за да гарантира, че до 2020 г. всички нови сгради са NZEB.

През 2016 г. Съвместният изследователски център на Комисията изготви също така обобщаващ доклад относно националните планове за почти NZEB.

NZEB бяха една от темите, разгледани във форума на EPBD за съгласувани действия и предоставиха преглед на националните приложения на определенията на NZEB (2018 г.).

През 2019 г. за Комисията беше изготвено цялостно проучване на дейностите по енергийно обновяване на сгради и усвояването на NZEB в ЕС.

Въпреки че фокусът на предложението е намаляването на експлоатационните емисии на парникови газове, дефиницията на ZEB допълнително включва изчислителния жизнен цикъл на потенциала за глобално затопяне (GWP) и неговото разкриване чрез сертификата за енергийни характеристики на сградата.

Това изискване трябва да се прилага от 1 януари 2027 г. за всички нови сгради с полезна застроена площ, по-голяма от 2000 квадратни метра, и от 1 януари 2030 г. за всички нови сгради.

Държавите от ЕС споделят своите национални планове за сгради с почти нулево потребление на енергия с Комисията и описват как възнамеряват да увеличат броя на сградите с почти нулево потребление на енергия в съответните държави.

Директивата за енергийните характеристики на сградите изисква държавите от ЕС да разработят дългосрочни стратегии за обновяване, целящи да улеснят рентабилното преобразуване на съществуващи сгради в сгради с почти нулево потребление на енергия.

Предложението за преразглеждане на Директивата за енергийните характеристики на сградите има за цел да подсили дългосрочните стратегии за обновяване в национални планове за обновяване на сгради, имащи за цел да трансформират сградния фонд в сгради с нулеви емисии до 2050 г.

Сега е определено, че до 2050 г. целият сграден фонд в Европа трябва да бъде приведен до почти нулев енергиен стандарт. Това означава, че темповете на обновяване (енергийно саниране) на недвижимите имоти ще бъдат увеличени.

Според изчисления на Европейската комисия средно около 3% от сградите трябва да бъдат реновирани всяка година (за подобряване на енергийната ефективност). Комисията наблюдава напредъка, постигнат от държавите от ЕС за увеличаване на броя на сградите с почти нулево потребление на енергия (NZEB).

Актуализираната директива изисква от държавите-членки на ЕС да изготвят пътни карти за декарбонизацията на сектора на недвижимите имоти, като поставят междинни цели за 2030 г.

Текстът на новото издание въвежда концепцията за „индикатор за интелигентност“ – нов инструмент за измерване на способността на сградите да подобряват работата на инженерните системи и взаимодействието с електрическата мрежа, адаптирайки потреблението на енергия към реалните нужди на обитателя.

Новите и реновираните сгради с подменено отоплително оборудване трябва да имат автоматизирани устройства за регулиране на температурните нива. Затягат се и разпоредбите за проверка на отоплителни и климатични системи и сградна автоматизация.

Новата версия на директивата въвежда изисквания, насочени към стимулиране на развитието на електрическите превозни средства, а именно задължителното монтиране на поне едно зарядно устройство за електрически превозни средства в нови жилища и сгради след основен ремонт, в които броят на паркоместата е над 10.

Тъй като значителна част от потреблението на природен газ в Европа се използва за отопление на сгради (а не в електроенергийния сектор), новата версия на директивата със сигурност допълнително ще допринесе за намаляване на потреблението на газ в ЕС в средносрочен план.

Новият текст на документа подчертава, че „1% икономия на енергия намалява вноса на газ с 2,6% и по този начин активно допринася за енергийната независимост на Европейския съюз“.

## II. ВИДОВЕ ЕКОЛОГИЧНИ МАТЕРИАЛИ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ПАСИВНИ И ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИ КЪЩИ

За автономното функциониране на индивидуална жилищна сграда в момента има голям брой енергоспестяващи технологии, които значително ще намалят разходите за нейното осигуряване.

Ефективността на такива технологии обаче е възможна само при съвместното използване на екологични строителни материали по време на строителството, изборът на които зависи пряко от строителната площадка и климатичните характеристики на конкретния район, избран за строителство [8, 9, 10, 11].

Най-ефективни от екологична гледна точка ще бъдат следните материали:

- За полагане на носещи конструкции:
  - тухли и керамични плочи са най-популярните строителни материали;
  - дървени конструкции (обла дървесина) – такива стени са способни да пропускат въздух и имат нисък коефициент на топлопроводимост;
  - автоклавен газобетон.
- За изолация:
  - ековата – не съдържа летливи вещества;
  - пеностъкло – екологично чист материал, който е водоустойчив и влагоустойчив, огнеустойчив и незапалим, здравина, издръжливост и химическа устойчивост;

- изолационни плочи от дървесен произход със специална структура на порите, позволяваща материалът „диша“, те се използват за изолация на покриви, стени и покриви;
- баластна изолация – има добра звукоизолация и отговаря на всички изисквания за пожарна безопасност (до 900 °С).
  - За покривни материали:
- керамични плочки – имат висока шумоизолация, мразоустойчивост и ниска топлопроводимост;
- металните керемиди са екологични, имат висока устойчивост на износване, не се топят при излагане на температури, не горят и не се деформират;
- гъвкавите битумни керемиди също се считат за екологични, тъй като са направени от фибростъкло, импрегнирано с модифициран битум.
  - За подови покрития:
- паркет и паркетни дъски;
- корково покритие;
- килими;
- керамични плочки.

Освен това, когато се извършват вътрешни довършителни работи, е необходимо да се поставят тапети и да се боядисва. За това се препоръчват естествените бои, които са напълно лишени от такива компоненти, като петрол и всички негови производни.

Такива бои се произвеждат от евкалипт, портокал, ленено семе, розмарин, лавандулово масло, както и от растителна дамарова смола, млечен казеин, глина, естествени растителни и земни пигменти (AURO бои).

Въпреки това, за да бъде даден материал екологичен, необходимо е да се проучат всички основни свойства на строителните материали, използвани в строителството, както и санитарно-епидемиологичните.

В такива сгради могат да бъдат внедрявани и системи за рекуперация на топлинна енергия от отпадни води, както и системи за тяхното пречистване и повторно използване. За подобряване на енергийната ефективност на такива системи те могат да бъдат захранвани от различни видове възобновяеми енергийни източници [12-19].

### **III. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕДНОФАМИЛНА ЖИЛИЩНА СГРАДА**

Изследвана е еднофамилна жилищна сграда на три етажа, намираща се в България, гр. Смолян, с координати – 41.574822443454096, 24.707398537429533.

Според климатичната класификация на Събев и Станев „Климатични райони на България и техният климат” – 1959 г., регионът на област Смолян основно попада в Европейско-континенталната климатична област, Преходно-континенталната климатична подобласт, в Континентално-средиземноморската климатична област и в Южнобългарската климатична подобласт.

Територията на областта е с планински релеф, като в отделните общини той е с различни проявления. Климатът предимно е високопланински, а в югоизточните части на областта е преходно средиземноморски.

В областта зимата продължава средно 5-6 месеца, като най-студен е януари, със средна температура от  $-4,2^{\circ}$  до  $-1,3^{\circ}$  °С, а най-висока е температурата през месец юли –

от 13,2° до 17,9 °С. Средната годишна температура варира в границите от 4,7° до 8,5 °С. Това характеризира зимата като студена, а лятото прохладно.

*Конструкцията* на сградата е масивна. Зидовете са изградени с плътни тухли – единични, а плочите са стоманобетонови. Сградата е без външна топлоизолация. Дограмите са сменени и са с много добри изолационни качества. Има положена топлоизолация на третия последен етаж върху стоманобетоновата плоча.

Обект на изследването е третия етаж от сградата. Застроената площ на жилището на трети етаж е 100 m<sup>2</sup>, а ограждащите елементи са с площ 80 m<sup>2</sup> без врати и прозорци.

При първоначалното обследване отоплението се осъществява с водогрейни котли на твърдо гориво. През зимните месеци битовата гореща вода (БГВ) се осигурява от водогрейната система, чрез комбиниран бойлер със серпентина, а през летните месеци – само с електрическа енергия.

Клас	EP <sub>min</sub> , kWh/m <sup>2</sup>	EP <sub>max</sub> , kWh/m <sup>2</sup>	ЖИЛИЩНИ СГРАДИ
A+	<	48	
A	48	95	
B	96	190	
C	191	240	
D	241	290	
E	291	363	
F	364	435	
G	>	435	

Фиг. 4. Класове енергийна ефективност.

Към 01.11.2018 енергийните разходи за една календарна година са както следва:

- за отопление – 13800 kWh;
- за БГВ – 3240 kWh;
- за битови нужди – 11376 kWh.

Разходът на енергия за една година 186.21 kWh/m<sup>2</sup>.

При тези данни жилището попада в енергиен клас „B” според критериите за енергийна ефективност (Фиг. 4).

За намаляване на потреблението на електрическа енергия в края на 2018 г. на покрива на сградата е монтирана соларна инсталация за битова гореща вода (БГВ).

Това води до спад в потреблението на електрическа енергия с 1150 kW за година, като ефекта е основно през летните месеци. Недостатъците на соларната инсталация са високите експлоатационни разходи и сложната поддръжка.

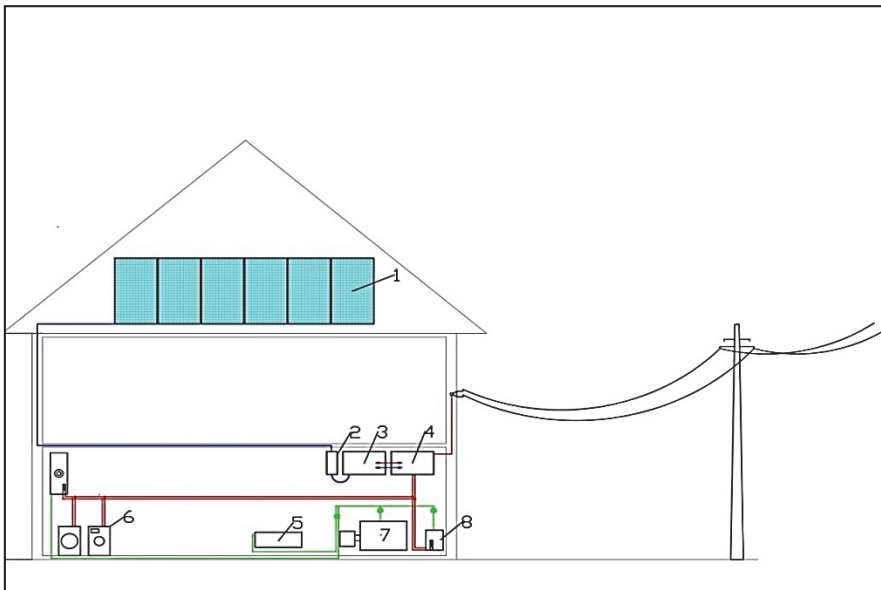
Следваща стъпка за постигане на по-висока енергийна ефективност е изграждането на фотоволтаична електрическа централа (ФЕЦ) с мощност 2,2 kW (Фиг. 5).



Фиг. 5. Фотоволтаична електрическа централа (ФЕЦ).

Принципната схема на захранването с електрическа енергия на системите е показана на Фиг. 6.

Целта на ФЕЦ е да задоволи потреблението на топла вода за битови нужди и да подпомогне отоплението на жилището, като работи приоритетно за БГВ.



Фиг. 6. Принципна схема.

Изследваната енергийна система включва следните компоненти (Фиг. 6):

- 1 – фотоволтаични панели;
- 2 – хибриден инвертор;
- 3 – интелигентен контролер за управление на енергийни потоци
- 4 – оперативно табло;
- 5 – радиатор за отопление;
- 6 – битови консуматори на енергия;
- 7 – пелетен котел;
- 8 – топлообменник.

От извършените измервания и изследвания на жилището могат да се направят следите изводи:

- След монтаж на соларната система за битова топла вода през 2018 г. се наблюдава спад в потреблението на енергия с почти 50% – 1080 kWh на година.
- След изключването на соларната система за битова топла вода и монтаж на ФЕЦ в началото на 2021 г. се наблюдава запазване на консумираната ел. енергия (1080 kWh на година), но и рязко спадане на потреблението на твърдо гориво от отоплителната водогрейна инсталация.

Един тон дървесни пелети отдава 4600 kW. Направените изследвания и измервания в тази посока показват, че за 2021 г. са икономисани близо 700 kg пелети или около 3266 kWh (Фиг. 7).

Разходът на енергия след приложените мерки за една година е 142.75 kWh/m<sup>2</sup>. При тези данни жилището остава в енергиен клас „B” според критериите за енергийна ефективност (Фиг. 4). Получени са следните данни:

- за отопление – 10 534 kWh;
- за БГВ – 1080 kWh;
- за битови нужди – 2661 kWh.



Фиг. 7. Разход на енергия.

С цел намаляване на потреблението на енергия за отопление на сградата в края на 2022 г. се монтира термопомпа въздух вода с параметри, показани в таблица 1.

Таблица 1

Захранващо напрежение	220 V / 50 Hz / 1~
Отдавана мощност на отопление при +7°C	16.0 kW
COP при +7 °C (вода за отопление +50°C )	4.55
Консумирана мощност отопление	3.60 kW
Отдавана мощност на отопление при -15°C	12.65 kW
COP при -15 °C (вода за отопление +50°C )	3.57
Отдавана мощност на охлаждане при +35°C (входяща 18°C )	13.0 kW
EER при +35 °C (вода за охлаждане 18°C )	3.60
Консумирана мощност охлаждане	3.76 kW
Работен диапазон външна температура при охлаждане	от +5 до +48 °C
Работен диапазон външна температура при отопление	от -25 до +35 °C
Температурен диапазон изходяща вода при охлаждане	от +6 до +30 °C
Температурен Хладилен агент	R410A
Мощност на вграден електрически нагревател	3.0 kW +3.0 kW +3.0 kW
Захранващо напрежение	220 V / 50 Hz / 1~
Отдавана мощност на отопление при +7 °C	16.0 kW

В техническите паспорти на климатиците и термопомпите, които се продават у нас, освен добре известните седем енергийни класа, обикновено се посочват и двете характеристики – коефициент на преобразуване COP (Coefficient of Performance) и коефициент на енергийна ефективност EER (Energy Efficiency Ratio). Някои производители представят в техническите паспорти на произведените от тях климатици само единия от коефициентите. По тази причина универсалност в използването им не съществува. Същността на COP и EER е много подобна – те се дефинират като съотношение между отдаваната топлинна мощност на климатика и консумираната от него електрическа мощност. Най-често коефициентът COP се дефинира като описаното отношение при работа на климатика в режим на отопление, а коефициентът EER – в режим на охлаждане. Следователно, принципна разлика в същността на двата коефициента не съществува. Различието е в големината на коефициентите, произтичащо от факта, че COP се е наложил като характеристика на климатиците в режим на отопление, а EER – в режим на охлаждане. COP винаги е по-голям от EER.

Коефициентът на преобразуване при охлаждане EER, посочван от някои производители и като COP, се дефинира като съотношение между топлината, която климатикът извлича от стаята, към енергията, която компресорът му е изразходил, за да свърши тази задача. При работа на климатика в режим на отопление коефициентът COP е равен на съотношението между топлината, която климатикът вкарва в стаята, отново за единица консумирана електроенергия. Например климатик с COP 3 ще произведе 3 кВтч топлина за 1 кВтч консумирана електрическа енергия. Следователно, колкото по-висок е коефициентът на преобразуване, толкова по-ниска ще е енергоемкостта и по-висока ефективността.

Както вече бе споменато, коефициентите на преобразуване при охлаждане и отопление се различават не само по приетите им буквени означения, а и в стойнос-





Фиг. 9. Термопомпа.

След монтажа на термопомпата енергийна система включва следните компоненти (Фиг. 8):

- 1 – фотоволтаични панели;
- 2 – хибриден инвертор;
- 3 – интелигентен контролер за управление на енергийни потоци;
- 4 – оперативно табло;
- 5 – буферни съдове;
- 6 – контролер за управление на буферен съд;
- 7 – термопомпа;
- 8 – отопление;
- 9 – битови консуматори на енергия.

На Фиг. 9 е показан външния вид на монтираната термопомпа, а на Фиг. 10 са показани данните за разход на електроенергия от термопомпата за една година. Тук трябва да се отбележи, че освен за отопление агрегата работи и за БГВ.

Термопомпата загрява БГВ до 50 °С. Електрическият нагревател на бойлера също се командва от термо помпения агрегат. След достигане на темп. 50 °С се включва нагревателя, който само дозагрива водата до 65 °С. Тази логика на работа на системата води до значително намаляване на разхода на енергия на сградата. Фиг. 10.

Получени са следните данни:

- за отопление – 4335 kWh;
- за БГВ – 360 kWh;
- за битови нужди – 2661 kWh.

Изводът, който може да се направи на база на резултатите от въведените подобрения е, че разхода на енергия е намалял с 7789 kWh за една календарна година.

Така потреблението на енергия на сградата има стойност 73.56 kWh/m<sup>2</sup> за една година.

При тези данни жилището попада в енергиен клас „А” според критериите за енергийна ефективност (Фиг. 4).

За постигне на висока енергийна ефективност, трябва да се предприемат мерки за ограничаване на топлозагубите на сградата.

Следваща стъпка, която трябва да се предприеме за повишаване на енергийната ефективност на сградата е полагането на външна топлоизолация.



Фиг. 10.

Коефициент на топлопреминаване  $U$  след погането и да е равен или по-малък от  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Мярката е определена в приложение №3 от наредба № 7 от 2004 г. за енергийната ефективност на сградите.

Обследваната сграда има коефициент на топлопреминаване на външните зидове  $U = 1,88 \text{ W/m}^2\text{K}$ . За да бъде изпълнено условието от наредба № 7 трябва да се положи каменна вата GEOLAN 6 см с коефициент на топлопреминаване  $U = 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ . В резултат на това ще се постигне коефициент на топлопреминаване на външните стени  $U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Общите топлозагуби за отоплителен сезон (ОТО kWh) за една външна стена с площ  $10 \text{ m}^2$  в района на Смолян, където DD (денградуси при  $21 \text{ C}^\circ = 3300$ ) са:

- Без топлоизолация –  $OTO = U \cdot 24h \cdot DD \cdot \frac{m^2}{1000}$

$$OTO = 1,88 \cdot 24 \cdot 3300 \cdot \frac{10}{1000}$$

$$OTO = 1488.96 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned}
 \text{С топлоизолация} - OTO &= U \cdot 24h \cdot DD \cdot \frac{m^2}{1000} \\
 OTO &= 0,45 \cdot 24 \cdot 3300 \cdot \frac{10}{1000} \\
 OTO &= 356,4 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Където:

- $U$  – коефициент на топлопреминаване;
- $24h$  – денонощие;
- $DD$  – денградуси;
- $m^2$  – площ на външната стена.

### Изводи:

Обследваната част от сградата им чиста площ на външните стени (без врати и прозорци)  $80 \text{ m}^2$ .

В първият случай, без топлоизолация, за поддържането на температура  $21 \text{ C}^\circ$  в сградата ще са необходими около  $11911.68 \text{ kWh}$ , а във втория, с топлоизолация –  $2851,2 \text{ kWh}$ .

При COP на термопомпата при  $-15 \text{ C}^\circ$  (вода за отопление  $+50 \text{ C}^\circ$ ) -  $3.57$ , разходът на енергия за поддържането на температура  $21 \text{ C}^\circ$  в сградата ще бъде  $798.65 \text{ kWh./m}^2$ .

По отделни пера това е:

- за отопление –  $798.65 \text{ kWh}$ ;
- за БГВ –  $360 \text{ kWh}$ ;
- за битови нужди –  $2661 \text{ kWh}$ .

Прилагането на тази мярка ще доведе до разход на енергия за една година от порядъка на  $38.19 \text{ kW/m}^2$ .

При тези данни жилището ще попада в енергиен клас „A+” според критериите за енергийна ефективност (Фиг. 4). Така сградата ще попадне в категория „Сграда с близко до нулата потребление на енергия“.

### Литература:

- [1]. A. Karlsson, C. Lindkvist, E. Wojtczak, K. Stachurska-Kadziak, D. Holm, K. Sornes и R. F., Common barriers and challenges in current nZEB practice in Europe, 2013.
- [2]. California Energy Commission, „Integrated Energy Policy Report,” 2013.
- [3]. Ecofys, Politecnico di Milano, & University of Wuppertal, Towards nearly zero-energy buildings: Definition of common principles under the EPBD, Köln, Germany, 2013.
- [4]. Eldar Zaerov, Use Of Perovskit In Solar Energy, Yearbook BSU 2018, Volume XXXVIII ISSN: 1311-221X, p. 255 - 260.
- [5]. Eldar Zaerov, Study of the potential for hydrogen production with photovoltaic power plant and fuel cell Yearbook BSU 2015, volume XXXI ISSN: 1311-221X, p. 36 – 39
- [6]. I. Sartori, A. Napolitano и K. Voss, „Net zero energy buildings: A consistent definition framework“, Energy and Buildings, № 48, p. 220–232, 2012.
- [7]. IPCC working group, climate Change 2014: Mitigation of Climate Change (Chapter 9 Buildings), Berlin, Germany, 2014.

- 
- 
- [8]. J. Faludi, D. M. Lepech и G. Loisos, Using life cycle assessment methods to guide architectural decision-making for sustainable prefabricated modular buildings, *Journal of Green Building*, том 3, № 7, p. 151–170, 2012.
- [9]. M. Deru и P. Torcellini, *Source Energy and Emission Factors for Energy Use in Buildings*, Technical Report NREL/TP-550-38617. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2007.
- [10]. P. Torcellini, S. Pless, M. Deru и D. Crawley, „Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Pacific Grove, California, 2006.
- [11]. P. Torcellini, S. Pless и M. Deru, „Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition Preprint,“ ACEEE Summer Study, 2006.
- [12]. Silviya, A., Letskovska, Nikolay, A., Mollov Eldar, D., Zaerov, *Inspection Of Buildings For Energy Efficiency*, ICTRS '21, November 15, 16, 2021, Virtual Conference, Bulgaria ACM ISBN 978-1-4503-9018-7/21, 2021, p. 37-42
- [13]. Radostin Dolchinkov, Atanas Yovkov, Velizar Todorov, Kristian Ventsislavov, *Integrated platform for vehicle charging based on renewable energy resources*, 12th International Conference, ICTRS 2023, Rhodes, Greece, September 18-19, 2023, Proceedings, Softcover ISBN 978-3-031-49262-4, eBook ISBN 978-3-031-49263-1
- [14]. Dolchinkov R., *Mechanisms and machines in RES*, Electronic journal of CITN for computer science and communications, issue. 3, ISSN 1314-7846, pp. 31-42, 2013.
- [15]. Matsankov M., Ivanova, M, *Selection of optimal variant of hybrid system under conditions of uncertainty*, The 2nd International Conference on Electrical Engineering and Green Energy Roma, Italy, June 28-30, 2019, <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/41/contents/contents.html>, E3S Web of Conferences, 2019, 115, 01007
- [16]. Долчинков Р., П. Георгиева, *Ефективност на системи за слънчево проследяване*. Годишник на БСУ, том XXVIII, стр. 243-255, 2012, ISSN 1311-221-X
- [17]. Dolchinkov R., *Teaching methods in computer design of technological systems*, SEVILLE, SPAIN, 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF EDUCATION, RESEARCH AND INNOVATION, ISBN 978-84-616-3849-9, p. 5785-5795, 2013.
- [18]. Долчинков Р., М. Бангев, *Предотвратяване на пожари причинени от електрическа дъга*, Международна научна конференция СИНЯ ИКОНОМИКА И СИНЬО РАЗВИТИЕ, ISBN: 978-619-7126-57-0, стр.441-451, 2018
- [19]. Елдар Заеров, *Повишаване на производителността на слънчеви панели с плоски рефлектори*, Increase solar panel performance with flat reflectors, БСУ - ГОДИШНИК Том XLIV, 2021, с.290-296, ISSN: 1311-221X