УСТОЙЧИВОТО СТРОИТЕЛСТВО И ПРОБЛЕМИТЕ НА МАТЕРИАЛОЗНАНИЕТО

ЕМАНУЕЛА МАНОЛОВА¹, ЯЧКО ИВАНОВ^{2*}

¹АУРУБИС България, ЕПУ
e-mail: amanolova@yahoo.com

²Институт по механика,
Българска академия на науките,
ул. Акад. Г. Бончев, Бл. 4, 1113 София, България,
e-mail: yadir_1@abv.bg

Резюме. Техническата революция през миналия век, характеризирана с появата на значителни открития в строителството, като появата на полимерите, композитните материали, нано-и микроразмерните материали, внедряването на компютрите и информационните технологии, предизвика значително увеличение на парниковите газове и емисиите CO₂, нарушение на околната среда и неконтролирано използване на природните ресурси. Тази обезпокоителна ситуация бе причина ООН, ЮНЕСКО, ЕС и много правителства да приемат мерки за гарантиране на устойчивото развитие, което да гарантира запазването на планетата Земя за бъдещите поколения. Изследванията показват, че ситуацията в наши дни е тревожна – очаква се повишение с 3 °C на температурите до края на столетието. Тази тревожна ситуация може да бъде преодоляна единствено с гарантирано увеличение на температурата към 2100 г. с 1,5 °C, за което е наложително постепенно намаляване на емисиите CO₂ с 45% до 2030 г. На специалистите е известно, че строителната индустрия има значителен дял в увеличението на емисиите CO₂, замърсяването на околната среда и неконтролираното използване на природните ресурси. Днес становището е, че за промяна в положителна посока, в строителната индустрия е нужно преминаване към устойчиво строителство, т.е. изпълнение на изискванията на парадигмата „Устойчиво строителство“ – парадигма, която поставя редица проблеми пред материалознанието. Настоящата статия дефинира „Устойчивото строителство“, анализира проблемите, произтичащи от изискванията за успешно приложение на тази парадигма и прави опит за показване на възможните пътища за решаване на тези проблеми.

Ключови думи: устойчиво развитие, устойчиво строителство, строително материалознание, CO₂, екология.

* Corresponding author.

DOI: 10.7546/EngSci.LVI.19.03.05

1. УВОД

Бурното развитие на индустрията през миналия век, белязан като векът на новите открития, композитните материали и информационните технологии, наред с положителните си страни, в края на столетието постави пред обществото тревожния въпрос за климатичните промени и опазването на околната среда, т.е. за екологията. Неколкократните кризи от типа на енергийната, както и бързото нарастване на човечеството на планетата също са сред тревожните въпроси. Всичко това постави на дневен ред новата парадигма за устойчиво развитие. Устойчивото развитие е начин на използване на природните ресурси, който цели да се задоволят човешките нужди, като същевременно се защитава естествения баланс на околната среда, така че тези потребности да могат да бъдат задоволени както в текущия момент, така и в далечно бъдеще. Съгласно Световната комисия по околната среда и развитието на ООН (UNFCCC COP Report 2004), устойчивост означава „посрещане на днешните нужди без допускане на компромис към правото на бъдещите поколения да посрещнат техните собствени нужди“. Устойчивото развитие обединява два основни стремежа на обществото за:

- постигане на икономично развитие, осигуряващо нарастване на жизнения стандарт;
- опазване и подобряване на околната среда сега и за бъдещето.

Днес сме свидетели на отделяне на все по-голямо внимание към осигуряване на устойчиво развитие на обществото във всички области на човешката дейност. Този стремеж изисква промяна на дългогодишния навик да се зарежда атмосферата на нашата планета с CO_2 , в резултат на което наблюдаваме необратимо покачване на морското равнище. Според доклада на Междуправителствената група по значение на климата към ООН [1] дори и при оптимистичен сценарий с ограничено затопляне на планетата до 2°C , на Земята ще има 100 пъти увеличение на щетите, които са резултат от свръхбури, и повече от 200 млн. души ще бъдат принудени да се изселят, поради повишаване нивото на моретата. Криосферата на планетата Земя (ледените и заснежените райони) е подложена на драстично изменение. Планинските ледници на Андите и Хималаите, основен източник на прясна вода, могат да изчезнат. Прогнозата сочи, че от 30% до 99% от световните ледове също могат да изчезнат до 2100 г., при увеличение на емисиите CO_2 и покачване на температурата, т.е. човечеството ще е свидетел на своеобразна водородна бомба, предизвикана от парниковите газове. Изследванията показват, че ситуацията в наши дни е тревожна – очакваното повишение на температурата до края на столетието е с 3%.

Тази тревожна ситуация може да бъде предотвратена, ако гарантираното увеличение към 2100 г. не бъде по-голямо от $1,5^{\circ}\text{C}$, за което е наложително намаляването на емисиите на CO_2 да е с 45% до 2030 г. [2].

Посочените проблеми бяха причината да се роди тази нова парадигма, която постепенно се налага във всички области на човешката дейност, в това число и в областта на строителството. За тази човешка дейност, която има съществено влияние върху жизнената среда, икономиката и добруването на човека, още римският архитект Vitruvius, дефинирайки целта на архитектурата, отбелязва „създаването на удобство и устойчивост“ като характерни черти на строителството. Преведено на днешен език това означава гарантиране на прецизност, устойчивост и естетика. Към тях трябва да добавим и четвърта цел (черта) – хармония, която да осигури единство между сградите и околната среда [3].

Ранните усилия за промени в строителството, от гледна точка на устойчивото развитие, датират от 1960–1980 г. и те са главно за постигането на единствен резултат – енергийна ефективност [4].

Отправна точка за разглеждането на строителната индустрия, в контекста на устойчивото развитие, е фактът, че за нея все още е характерна отдалечеността от устойчивостта в днешното ѝ разбиране, поради консумацията на голямо количество енергия и ресурси, отделящи голямо количество оксиди – CO_2 , NO_x и SO_x . Използването на стандарти за устойчиво развитие в строителството ще ускори прехода от традиционното проектиране и изграждане на сградите и съоръженията към едно ново такова, свързано с идеите за устойчиво строителство. Към днешна дата за нас европейците главно стандартно ръководство за устойчиво развитие и строителство е Програмата „Европа 2020“, която предвижда няколко основни направления [6]:

- намаляване на газовите емисии чрез устойчиви (зелени) сгради до 20%;
- увеличаване на степента на използване на енергия, произведена от възобновяеми енергийни източници с 20%;
- намаляване разхода на енергия с над 20% чрез повишаване на енергийната ефективност.

Основавайки се на тези насоки и следвайки концепцията за устойчивост, в статията се оценяват развитието на строителната дейност и проблемите, възникващи пред строителното материалознание, за които се сочат дълговременни и кратковременни решения за гарантирането на устойчивото строителство и за постигане на устойчиво развитие.

2. ПРИНОСИ НА СТРОИТЕЛНАТА ИНДУСТРИЯ

Строителният сектор е най-големият работодател в Европа [6]. Той дава 9,9% от БВП и 54,9% от Брутния фискален капитал; дава препитание на 14,9 млн. работници, което представлява 6,4% от общата заетост в Европа и почти 29,3% от индустриалната заетост; създава 18 млн. директни работни места; освен това 43,6 млн. работници зависят пряко или косвено от строителния сектор – един работник от строителната индустрия се равнява на двама бъдещи работници от други сектори: има 3,1 млн. работещи фирми, от които 95% са малки и средни с по-малко от 20 служители и 93% малки с по-малко от 10 служители, които са на местните пазари и работят в силно стандартизирана среда. Статистическите данни показват, че 1 евро изразходвано в строителството генерира 3 евра в общата икономическа активност. Същевременно строителният отрасъл е един от най-големите консуматори на ресурси в Европа. Данните показват, че в целия жизнен цикъл на сградите – от извличането на природните суровини, производството на строителни продукти, строителството, експлоатацията, управлението и разрушаването на сградите, в ЕС на сектора се падат:

- 1/2 от извлечените от земята материали;
- 1/2 от консумираната енергия;
- 1/3 от консумираната вода;
- 1/3 от генерираните отпадъци.

Данните показват, че европейският гражданин генерира около 5 т. отпадъци годишно и от тях се рециклират само органичен дял (за 2004 г. са рециклирани едва 39% от генерираните 26 млрд. тона). Голямата част от останалите все още се оставят в депа или предават в инсталациите за изгаряне.

Статистическите данни сочат, че в Република България през 2009 г. са генерирани 3 млн. тона строителни отпадъци: бетонни/стоманобетонни – 29%; керамични – 14%; асфалтени – 11%; смесени – 9%; дървени, метални, хартиени (рециклируеми) – 4%; опасни – 1%; от почва и скални – 35%. Всички те са разпръснати по цялата територия на Република България и незначителни количества са в депа. Очакваната акумулация на строителни отпадъци още през 2020 г. ще бъде значителна – според данните в Националната жилищна стратегия голяма част от жилищните сгради са стари и е предстоящо тяхното разрушаване (голяма част от жилищата в градовете е строена в периодите: 1946–1977 г. – 42%; 1977–1990 г. – 44%; преди 1944 г. – 7% и след 1990 г. – 7%). От тях 189000 са панелни и техният жизнен цикъл е в процес на оценка. По данни на световните агенции

Република България е сред 20^{те} страни в света с най-голямо замърсяване на въздуха и територията. Всеизвестен е фактът, че при производството на 1 тон цимент се отделя в атмосферата от 0,7 т до 1 т CO₂ и от 7 кг до 10 кг NO_x. Този факт поставя пред строителната индустрия и материалознанието трудния проблем за намаляване емисиите на CO₂.

3. ПАРАДИГМАТА „УСТОЙЧИВО СТРОИТЕЛСТВО“ И НЕЙНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ

В договора на ЕС устойчивото развитие е поставено като дългосрочна цел и стратегията му за устойчиво развитие е базирана на четири взаимно свързани стълба: икономически, социален, екологичен и международен [5].

Понастоящем Европейската комисия (ЕК) (2007) дефинира устойчивото строителство като „динамично развитие на иновационни решения от участниците в инвестиционния строителен процес и строителната индустрия за постигане на устойчиво строителство, при опазване на околната среда и отчитане на социално-икономическите и културните аспекти“.

Екологичният аспект изисква намаляване на използването на ресурсите и инструментите му за оценка са свързани с:

- Енергията и прилагането на техники за енергийна ефективност, и целенасоченото използване на възобновяеми енергийни източници;
- Водата и прилагането на техники за опазване на водните ресурси, и постигането на водна ефективност;
- Отпадъците и замърсяването и прилагането на техники за намаляване на отпадъците по време на строителството, разделяне и рециклиране на отпадъците;
- Ограничаване на емисиите на CO₂;
- Опазване на биологичното разнообразие.

Съблюдаването на икономическия аспект трябва да гарантира на бизнеса ефективност и конкурентоспособност при извършване на строителни и монтажни работи, непременно свързани с:

- Намаляване на потреблението на енергия, намаляване на генерирането на отпадъци и използването на вода;
- Подкрепа на местното икономическо разнообразие и използването на местни материали и стоки в строителството;
- Осигуряване заетост на местната работна сила в строителството;
- Повишаване на производителността;
- Спазване на безопасните и здравословните условия на труд.

Социалният аспект включва:

- Спазване на етичните ценности по време на доставките и предоставяне на безопасна и здравословна среда;
- Осигуряване на адекватни местни услуги и съоръжения;
- Информация на обществеността по време на строителната дейност за обучението на работниците;
- Осигуряване на достъпни транспортни връзки;
- Запазване на местните традиции и културното наследство, в т.ч. и достъп до зелените площи.

Функционалните изисквания, техническото изпълнение и качеството на строителния процес са основни средства за изпълнението на изискванията на изброените по-горе аспекти и включват:

- Оптимизация на проектирането и планираната експлоатация на сградите, дълготрайност и огнеустойчивост на строителните конструкции и елементи, строителни услуги, сградни ограждащи съоръжения и елементи;
- Осигуряване на адекватна защита от влага, вятър и електромагнитни лъчения, в т. ч. здравето, комфорта и удовлетвореността на обитателите от качеството на вътрешния въздух, топлинния комфорт през зимата и лятото, акустиката, дневната светлина и др.

Днес устойчивото строителство се свързва със свойствата и характеристиките на строителните продукти и строежите. В тази връзка именно от строителната индустрия и материалознанието се очаква да дадат решение за изпълнение на правителствените политики за социалните, климатичните и енергийните предизвикателства, както и да играят основна роля в решаването на проблемите за устойчиво развитие на обществото, в т.ч. чрез използване на технологии, позволяващи опазване на околната среда, икономичното и ефективното използване на природните ресурси през целия жизнен цикъл на сградата – от проектирането, изграждането, експлоатацията, поддръжката, обновяването и до разрушаването.

4. ПРОБЛЕМИТЕ ПРЕД СТРОИТЕЛНОТО МАТЕРИАЛОЗНАНИЕ

Материалознанието доказва, че комбинирането на различни материали в състава на бетона и цимента, които по химичен състав си приличат, но по произход се различават, спомага за модифицирането на компонентите на цимента и бетона от чисто деструктивни (добити в кариери) в по-устойчиви такива, чрез все по-честото влагане на вторични продукти от други производства. Днес строителното материалознание започва за-

дълбочено да разглежда въпросите, свързани с алтернативните суровини, да се включва в изпълнението на политиката на ЕС за намаляване на отпадъчните продукти, както и включването им в непрекъснатия процес на оползотворяване (material cycle). В същото време първите резултати от изследванията в областта на строителното материалознание индикират, че осъвременяването на производствения процес, от гледна точка на намаляване на въглеродните емисии, има своя предел. Ще бъдат коментирани няколко възможности, алтернативи и първи постижения на материалознанието за: замяна на цимента като свързващо вещество; намаляване на използваното гориво; влагане на индустриални вторични продукти и използване на алтернативни горива за активация.

Най-значимият проблем пред строителното материалознание е свързан със замяната на цимента, като свързващо вещество, с цел намаляване на емисиите на CO_2 . Значителни са очакванията в това направление от т.н. „устойчиви алкално активирани свързващи вещества и неорганични полимери“. Геополимерите са най-перспективни за замяна на традиционния Портландцимент за свързващо вещество [7, 8]. Като концепция те възникват още през 60-те години на миналия век, когато се констатира значително нарастване на количествата отпадни продукти от топлоцентралите (летища и дънни пепели) и стоманената индустрия (доменни шлаки). Поради сходството в химичния им състав, тези вторични продукти могат да се превърнат в свързващо вещество, но реакционната им способност се инициира от активатори – натриева и солна основа или натриев и солен силикат. Очаква се новият материал да може да бъде консумиран в много големи количества. Изследванията показват, че приготвен в бетонова смес заедно с останалите компоненти лесно се формова, транспортира и излива в кофражните форми. Паради бързата химична реакция на свързващия компонент, управлението и контролирането на реакцията изискват да се добавят забавители и задача на материалознанието е намирането на оптимума на влаганите добавки. Геополимерите се очертават като едно от най-перспективните направления за оползотворяването на всякакви видове отпадъчни продукти от различни индустрии – както опасни, така и неопасни, от които в света годишно се натрупват няколко милиарда тона. За сега една от основните пречки за разпространеното му влагане е високата цена на активаторите на реакцията и тук предизвикателството е пред материалознанието, което следва да отговори на въпроса за дълготрайността на геополимерите [9]. За това са необходими интензивни изследвания.

Другата възможна алтернатива, за намаляване на вредните емисии във въздуха от производството на Портландцимент, е намаляването на коли-

чеството му в транспортния бетон и производството на готови елементи. Намаляването на това количество, обаче в никакъв случай, не трябва да става за сметка на якостните и дълготрайни показатели. В подкрепа на тази теза през 2013 г. Британският стандартизационен институт излезе с проекто-стандарт “Principles of the equivalent durability procedure”. В него подробно са описани изискванията, на които трябва да отговаря „еквивалентния материал“, без да са дадени предписания или изисквания за неговия състав – на тези въпроси отговор следва да даде строителното материалознание.

Внимание заслужават интензивните изследвания за създаването на нови цименти с оползотворяване на CO_2 . Тук обект на внимание са калциево-силикатните цименти, произведени от Solida Technologies[®], които използват отделения CO_2 , освободен при производството на обикновен Портланд-цимент, за тяхната собствена карбонизация. Тези цименти се отличават с намалено количество калциев хидроокис (вар) и съхранено количество CO_2 [10]. Използвайки CO_2 , количеството на калциевия хидроокис може да се намали с 45%. Перспективата тук е намаляване с 200°C на температурата на изпичане на клинкера и 30% намаляване на горивото и емисиите. Първите индустриално произведени калциево-силикатни цименти са в Северна Америка от LafargeHolcim. При влагането на новия вид цимент в бетоново производство са характерни някои особености – няма специално смесване на компонентите и полагане във формите, но времето на свързване и втвърдяване се различава значително, което очевидно се дължи на разликите в химичния състав. При смесване с водата, циментът не хидратира, докато не бъде подадено допълнително количество CO_2 и формите не се обработят термично до 60°C . Това предопределя бъдещото приложение на този цимент само в индустриални условия за предварително изготвени елементи. Очертава се възможността много ефективно да се изготвят големи елементи и да се декофрират в рамките на 24 h.

Използването на добавки при производството на клинкер открива възможности за намаляване на температурите и оттам на емисиите на CO_2 . Тук ще отбележим регистрираната възможност за намаляване на температурата до $1200\text{--}1350^\circ\text{C}$ при опитно производство на сулфо-фероалуминатен циментов клинкер с добавка 40% на бокситов отпадък, като суров материал [11].

Използването на въглища и петрол са двете най-разпространени горива при производството на циментов клинкер. Природният газ и мазутът се прилагат, но в много по-малка степен. Приблизително около 40% от отделените въглеродни емисии са в резултат на процесите по изгаряне [12]. В

днешно време алтернативните горива от тип „биогориво“ се очертават като много перспективни и са намерили разпространение в развитите страни. Те могат да бъдат с растителен или животински произход: дървесен; текстилен; пластмасов; използвани гуми; утайки от индустриални или градски канализации; твърди горива; разтворители, масла и др. Ефектът от влагането на тези алтернативни горива в циментовата пещ е различен, но използването им има за цел намаляване на емисиите и опазването на околната среда. От друга страна, използването на биогорива може да промени някои характеристики на клинкерните гранули като: порьозност, степен на изгаряне, минерален състав, реактивоспособност и др. През последните десетилетия използването на алтернативни горива успешно се превърна от лабораторен експеримент в индустриално производство. Европейските страни замениха повече от 70% от стандартните горива с биогорива [13, 14]. Нивата, до които могат да се правят такива замени, са регламентирани в националните екологични директиви. У нас разработването на такава директива се забавя.

Използването на добавки с индустриален произход в цимента е едно от решенията за намаляване на количеството на произведен и използван Портландцимент. Производството на смесени цименти с големи количества вторични продукти в тях е начинът вторичните продукти с индустриален произход да се включат в непрекъснатия процес на оползотворяване. Използването им е регламентирано в стандарта EN197-1. Индустриалните отпадъци, включени в този стандарт, са причислени към групата на „Secondary Cementitious Materials“ и стават търсен и ценен строителен материал, както и позволяват решаването на екологичните проблеми – опазване на околната среда и намаляване емисиите на CO₂. Те се разделят на две групи: „cementitious“ и „pozzolanic“. Първите притежават собствени свързващи свойства, докато вторите могат да се активират и да придобият свързващи свойства при смесването им с калциев хидроксид. Те са различни по своя произход, но имат сравнително еднакъв химичен състав при различни пропорции. Така всеки един от тях предопределя различни допълнителни характеристики на новополучения цимент, като съответно подобрява якостта (ранната или крайната), времето за свързване (начално или крайно), обработваемостта, дълготрайността и др. Остава отворен обаче въпросът с многото други индустриални отпадъци, които не влизат в стандарта EN197-1, но притежават известни свързващи свойства. Това са отпадъците от медната, цинковата, оловната, желязо-никеловата, алуминиевата и др. индустрии. Недостатъчните изследвания и липсата на стандарти не само предопределят търсене на алтернативи за влагането

им, но и не позволяват включването им от ЕС в групата за устойчиво управление на отпадъците.

Разширяването на използването на високо-ефективни бетони (самоуплътняващи се, свръхвисоко-якостни, самовъзстановяващи се, огъваем бетон и т.н.) може да бъде ефективен елемент на устойчивото строителство, както и реализация на стремежа за намаляване на емисиите CO_2 [15–18].

Високо-ефективните бетони са специален клас бетони, разработени с цел да усъвършенстват отделни свойства на материала, които позволиха бетонът да затвърди ненадминатата си първа позиция на най-използван материал на земята. Въпреки че е широко разпространен, обикновеният бетон все по-малко се прилага в чистия си вид, без използването на високите достижения на строителната химия. Обикновеният бетон, веднъж модифициран за да изпълнява определени свойства за конкретно приложение, се превръща в материал с индивидуален състав и различно поведение. Но материалознанието не спира дотук, то превръща сивия, здрав и крехък материал в пластичен, дуктилен, корав и дори прозрачен строителен материал с екстравагантен външен вид, без ограничения на неговото приложение. Основните критерии при избора на бетон, като механични показатели, якост на умора и дълготрайност, отстъпват място на много други изисквания от типа на: свръх якост, екстравагантен външен вид, несравнима дълготрайност, нови технологии на производство, редуцирани разходи за изработка, поддръжка и др. Ето и някои от най-впечатляващите примери на високо-технологични бетони, които покриват и изискванията за устойчиви материали.

Самоуплътняващият се бетон се превръща в световен хит още с първото му мащабно приложение в Япония през 1997 г. По своята същност той е материал, създаден за да подобри концептуално необходимостта от уплътняване на бетона в кофражните форми, позволявайки да се намали енергопотреблението при изпълнение на строителството. При него сместа е силно вискозна и сама заема формата, в която е поставена, без ограничения от гъстота на армировката и размер на сечението. Без допълнителна механична вибрация, бетонът се уплътнява от собствената си тежест и не се разслоява. В развития свят за 20 години, този бетон почти изцяло е заменил влагането на обикновен бетон, докато в България са единични случаите на използването му.

Свръхякостният бетон е иновационен материал с механичните показатели на стоманата ($> 200 \text{ MPa}$), съчетан с плюсовете на бетона, като изливен материал от гледна точка на свобода на формата. Свръхякостният бетон осигурява не само 10 пъти по-висока якост на натиск, но и ненад-

мината дълготрайност на строителните конструкции. С този вид бетон материаловедите показаха, че този материал дължи своите необикновени свойства не само на наситения си състав, но и на оптимизираната си структура, получена с помощта на математични модели за уплътняване на скелета му. Неговите области на приложение се увеличават всеки ден и провокират с характеристиките си въображението както на архитекти, така и на инженери.

На този етап строителните инженери не са създали материал на базата на циментовата матрица, който да не пукнатинообразува, поради екзотермичната реакция на цимента с водата. От друга страна, науката за материалите значително напредва в разработването на такива композити, при които пукнатинообразуването е силно ограничено. Един от методите за ограничаване на този процес е чрез самовъзстановяващ се бетон, който има способността да затваря пукнатини и съответно да възстановява физичните и механичните си свойства. Този бетон принадлежи към групата на т.н. умни материали (Smart Materials), които могат да възстановяват повреди, причинени от механични въздействия. Две са технологиите, по които може да се осъществи това възстановяване на пукнатините – чрез автогенно (самозапечаване) или автономно (инженерно) самовъзстановяване. При първия вид се използват стандартните материали за направа на бетона, обаче се добавя по-голямо количество свързващо вещество, като при пукнатинообразуване се активира наново хидратацията на цимента. Докато при втория подход, се внасят инженерни добавки от вида на специални бактерии, капсули и др, които се активират след пукнатинообразуване и отново водят до започване на хидратационни процеси.

Огъваемият бетон, наречен още „инженерен циментов композит“, е материал, който е съставен от технологично излята композитна матрица с влакнеста армировка от специално подбрани къси фибри. Поведението му е дуктилно, по-близко до металите отколкото до обикновените бетони на база цимент. Докато обикновеният бетон е крехък и всяко усукване или огъване води до пукнатинообразуване, то огъваемият е точно на противоположната страна по отношение на границите на пластичност на бетона. Той е 500 пъти по-устойчив на пукнатинообразуване от обикновения бетон. Към момента обяснението се свързва основно с използването на къси фибри. При възникване на огъване, фибрите се приплъзват в бетона, създавайки достатъчна гъвкавост, която предотвратява разрушаването. Очертават се възможности това поведение на бетона да се постига с оптимизиране на състава на бетона на нано- и микрониво.

Пред материалознанието се поставят и задачи за опазване на околната среда чрез решаване на проблеми, свързани с [19]: управлението на отпадъците в строителния отрасъл и рационалното използване на рециклирани материали; подобряването на енергийната ефективност на сградите и утвърждаването на пасивните (зелени, устойчиви) сгради; оптимизирането на жизнения цикъл на сградите и съоръженията (въвеждане на интелигентно управление и икономична експлоатация, определяне на оптималните срокове за рехабилитация).

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У нас са направени първи стъпки и има отделни реализации на сгради по критериите за устойчиво строителство. За преминаването на целия отрасъл (индустрията за производство на материали за строителството, проектирането и строителството) са необходими усилията на инвеститори, проектанти, надзорници и строители. Строителното материалознание следва да даде на отрасъла решения по неизяснените въпроси за намаляване на емисиите на CO₂, приложението на алтернативните свързващи вещества, рециклирането на строителните отпадъци и използването на вторични материали от индустрията. Тези дейности следва да бъдат изпълнени в течение на следващите няколко години, тъй като предстоят нови и решителни стъпки на Европейската комисия по проблемите на въглеродната сигурност. Новият състав на ЕК анонсира „зелен пакет“, в който ще бъде включено „първото Европейско законодателство за климата“, с цел постигане на климатична неутралност до 2050 г. и намаляване на емисиите на CO₂ с 50% дори и с 55% до 2030 г. Строителният отрасъл е изправен пред изискването с бързи темпове да премине към устойчиво строителство, за да се намали климатичния риск и да се гарантират нови решения, тъй като според прогнозите на International Finance Corporation, World Bank Group [20] се очаква значително увеличение на цените на въглеродните емисии, което вече е факт в последната година.

REFERENCES

- [1] YA. IVANOV AND V. STOYANOV, Proceedings of 14th Int. Conf., VSU'2014, p. IV-34.
- [2] YA. IVANOV, Proceedings of 11th Int. Conf., A of CE, Serbia, Zlatibor, 2019, pp. 43-54.
- [3] V. STOYANOV, Proceedings of 13th Int. Conf., VSU'2013, p. IV-117.

- [4] RILEM Intern. Conf. SMSS'2019, Croatia.
- [5] YA. IVANOV AND V. ANGELIEVA, Proceedings of 10th Intern. Scien. Conf. DCB'2018, pp. 4–12.
- [6] www.FIEC/org.2018
- [7] I. ROSTOVSKI *et al.*, Proceedings of 13th Int. Conf., VSU'2013, IV – 60–65;
- [8] A. NIKOLOV *et al.*, Proceedings of 13th Int. Conf., VSU' 2013, IV – 66–71;
- [9] DE VRIES P., Proceedings of 5th Int. Slag Valorisation Symposium, From fundamentals to applications, Leuven, 2017, pp. 313–316.
- [10] S. ONISEI *et al.*, Proceedings of 5th Int. Slag Valorisation Symposium, From fundamentals to applications, Leuven, 2017, pp. 287–290.
- [11] DE CRISOFARO N. *et al.*, Proceedings of First Int. Conf. CoMS'2017, Zadar, Croatia, pp. 65–70.
- [12] M. IMBABI *et al.*, *International Journal of Sustainable Built Environment* (2012) **1** 194–216.
- [13] Global CO2 reduction FUTURECEM (Conference and Exhibition, 22–23 May, 2019, Brussels.
- [14] YA. IVANOV, V. STOYANOV AND M. IVANOVA, Proceedings of VSU'2013, pp. IV–6–IV–11.
- [15] E. MANOLOVA, Proceedings of 10th Jubl. Conf. DCB'2018, pp. 197–204.
- [16] CH. KIBERT J., *Sustainable construction: Green building design and delivery*, John Wiley and Sons, Inc. Hoboken New Jersey (2013) 453.
- [17] Proceedings of Sustainable construction materials and technologies, Kovantry (UK), Teylor and Francis, London, 2007, pp. 23–37.
- [18] V. STOYANOV, Proceedings of Intern. Conf. DSB'2012, pp. 189–195.
- [19] YA. IVANOV, Proceeding of XIth Intern. Conf. OSOSGO and N, Zlatibor, Serbia, 19–21 June, 2019, pp. 43–54.
- [20] Construction industry value chain, Carbon Pricing Leadership Coalition, IFC (2019) 38.

SUSTAINABLE CONSTRUCTION AND PROBLEMS OF MATERIALS SCIENCE

EMANUELA MANOLOVA¹ AND YATCHKO IVANOV^{2*}

¹*AURUBIS Bulgaria, EPU,
e-mail: amymanolova@yahoo.com*

²*Institute of Mechanics,
Bulgarian Academy of Sciences,
Acad. G. Bonchev St., Bl. 4, 1113 Sofia, Bulgaria,
e-mail: yadir_1@abv.bg*

Abstract. The technological revolution during the last century, characterized by the significant emergence of high technologies in construction, such as development of polymers, composite materials, nano- and micro-scale materials, computers and IT technologies, has led to a significant increase in greenhouse gases and CO₂ emissions, environmental disturbance and uncontrolled use of natural resources. This worrying situation has caused the UN, UNESCO, the EU and many governments to adopt measures to guarantee sustainable development, which will guarantee the preservation of the Planet Earth for the future generations. Researches show that the situation these days is worrying – it is expected 3 °C increase of the temperatures by the end of the century. This alarming situation can only be overcome by a guaranteed increase in temperature by 1.5 °C to 2100, which requires a gradual reduction of the CO₂ emissions by 45% by 2030. Specialists are aware that the construction industry plays a significant role in increasing CO₂ emissions, environmental pollution and the uncontrolled use of natural resources. Nowadays it is believed that the positive change in the construction industry requires a shift towards sustainable construction, i.e. meeting the requirements of the Sustainable Construction paradigm – a paradigm that poses a number of problems to Material Science. This report defines Sustainable Construction, analyzes the problems that appear from the requirements for the successful implementation of this paradigm, and attempts to identify possible ways of solving these problems.

Keywords: sustainable development, sustainable construction, materials science, CO₂, ecology.

Received September 25, 2019