

functions and genetic potential of biological objects during their interaction in the system of biological objects with the functions of the technical and technological providing of production by creating favourable conditions for the functioning of these objects, with the definition of the modelling quality of the functioning of these facilities and the system in General, respectively, to increase the productivity of animals.

Criterion determining the quality of functioning and development of technological processes of biotechnical systems, is the state and dynamics of the interrelated development of the capacity and quality of functioning of biological objects (elements) and, as a consequence, the system as a whole. An indicator of the quality of the functioning of the biotechnical system is determined by the levels of functional quality parameters of biological objects based on the equity impact of these elements of the biotechnical system on its main function – the productivity of animals.

Keywords: concept, methodology, optimization, biological objects, parameters, bioengineering system, processes

УДК 538.001.2

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ БЕТОНУ ЗА ДІАГРАМАМИ НАПРУЖЕННЯ – ДЕФОРМАЦІЇ БЕТОНУ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**О. О. Давиденко, кандидат технічних наук
e-mail: a.david@ukr.net**

Анотація. В статті наведено методикку визначення граничних деформацій бетону при різних температурах с використанням енергетичного критерію. За допомогою побудови залежностей потенціалу навантаження від величини діючого зусилля, які визначаються на основі рівноважних діаграм деформування при підвищених температурах, отримані граничні деформації бетону, що відповідають моменту порушення цілісності бетонного зразка і переходу до деформації окремих частин роздробленого бетону в результаті завершення процесу дилатації (завершення взаємовпливу об'ємної складової деформацій і складової деформацій зсуву), що призведе до утворення макротріщин відриву. За результатами обчислення значень відносного потенціалу навантаження скориговані

© О. О. Давиденко, 2016

параметри діаграми "напруження-деформація" для бетону на силікатному і карбонатному заповнювачі при підвищених температурах. Приведені результати досліджень є необхідною складовою при розробленні проекту національного стандарту України «Конструкції будинків і споруд. Проектування залізобетонних конструкцій. Основні положення. Вогнестійкість».

Ключові слова: границя, деформація, бетон, діаграма, напруження, температура

Постановка проблеми. Для проектування залізобетонних конструкцій за вимогами вогнестійкості існує проблема визначення граничних відносних деформацій бетону $\varepsilon_{cu1,\theta}$ при підвищених температурах, які є критерієм несучої здатності стиснутого бетону і відповідають утворенню магістральної тріщини руйнування бетону.

Аналіз останніх досліджень. Відповідно до пункту вимог директиви (CPD) протипожежної безпеки в Єврокодах 2,3,4,5,6 та 9 розроблені окремі томи – частини 2. Наприклад, EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2 [1], (Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій – Частина 1-2: Загальні вимоги. Вогнестійкість), Гармонізація з цим стандартом проведена при розробленні проекту національного стандарту України ДСТУ-Н П Б В.2.6-XX: «Конструкції будинків і споруд. Проектування залізобетонних конструкцій. Основні положення. Вогнестійкість» [2]. Навантаження і впливи під час пожежі задаються за ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 [3], гармонізованим з EN 1991-1-2:2002, IDT.

Міцнісні і деформаційні властивості для одновісного напруженого стану бетону при підвищених температурах визначаються з діаграми "напруження-деформація".

Діаграма визначається за двома параметрами: міцність на стиск $f_{c,\theta}$; деформація $\varepsilon_{c1,\theta}$, відповідна $f_{c,\theta}$. На висхідній гілці при $\varepsilon \leq \varepsilon_{c1,\theta}$ діаграма визначається залежністю:

$$\sigma(\theta) = \frac{3 \varepsilon f_{c,\theta}}{\varepsilon_{c1,\theta} \left(2 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,\theta}} \right)^3 \right)}, \quad (1)$$

На низхідній гілці при $\varepsilon_{c1,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{cu1,\theta}$ для розрахунку використовуються лінійні або нелінійні моделі без конкретизації їх форми.

Мета досліджень: розробка методики визначення граничних деформацій бетону при різних температурах за діаграмами напруження – деформації бетону з використанням енергетичного критерію.

За допомогою побудови залежностей потенціалу навантаження від величини діючого зусилля, які визначаються на основі

рівноважних діаграм деформування при підвищених температурах є можливість отримання граничних деформацій бетону, що відповідають моменту порушення цілісності бетонного зразка і переходу до деформації окремих частин роздробленого бетону.

Результати досліджень. У табл. 1 показані параметри для бетону на силікатному і карбонатному заповнювачах [4]. Значення $\epsilon_{cu1, \theta}$ на низхідній гілці діаграми наведені в колонці 4 для бетону на силікатному заповнювачі і в колонці 7 для бетону на карбонатному заповнювачі.

1. Значення параметрів діаграми "напруження – деформація" для бетону на силікатному і карбонатному заповнювачі при підвищених температурах [4]

Температура бетону, $\theta, ^\circ\text{C}$	Силікатний наповнювач			Карбонатний наповнювач		
	$f_{c, \theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1, \theta}$	$\epsilon_{cu1, \theta}$	$f_{c, \theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1, \theta}$	$\epsilon_{cu1, \theta}$
20	1,00	0,0025	0,0200	1,00	0,0025	0,0200
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0150	0,0325	0,74	0,0150	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475

Порівняння діаграми ДБН В.2.6-98 [5] при нормальній температурі з аналогічною діаграмою стандарту ДСТУ [2] показує завищене значення $\epsilon_{cu1, \theta=20^\circ} = 0,0200 = 20 \text{ 0/00}$ (за [5] $\epsilon_{cu1, ck} = 2,4 \dots 4,5 \text{ 0/00}$ – в залежності від класу бетону). Невідповідність прояснюється при зіставленні діаграми ДСТУ з діаграмою ENV 1992-1-2 1995 (рис. 1). На рис. 1 значення $\epsilon_{cu1, \theta=20^\circ} = 0,0200 = 20 \text{ 0/00}$ відповідає кінцю спадної гілки діаграми при 20°C при $\sigma \cong 0,01 \cdot f_{c, \theta}$) [4].

Таким чином, значення в стовпцях 4 та 7 табл. 1 не є граничними деформаціями бетону $\epsilon_{cu1, \theta}$. Граничні відносні деформації бетону $\epsilon_{cu1, \theta=20^\circ}$, які є критерієм несучої здатності стиснутого бетону, знаходяться в межах $0,0024 \dots 0,0045$, що відповідає утворенню магістральної тріщини руйнування бетону. Вважається, що після рівня напруження $0,5-0,8 f_{c, \theta=20^\circ}$ спадна гілка представляє вже не область деформування цілісного бетонного зразка, а область деформування окремих частин роздробленого бетону. У більшості зарубіжних норм граничні деформації для крайніх фібр стиснутого бетону приймаються на рівні $0,003 \dots 0,0035$ (або $3 \text{ 0/00} \dots 3,5 \text{ 0/00}$).

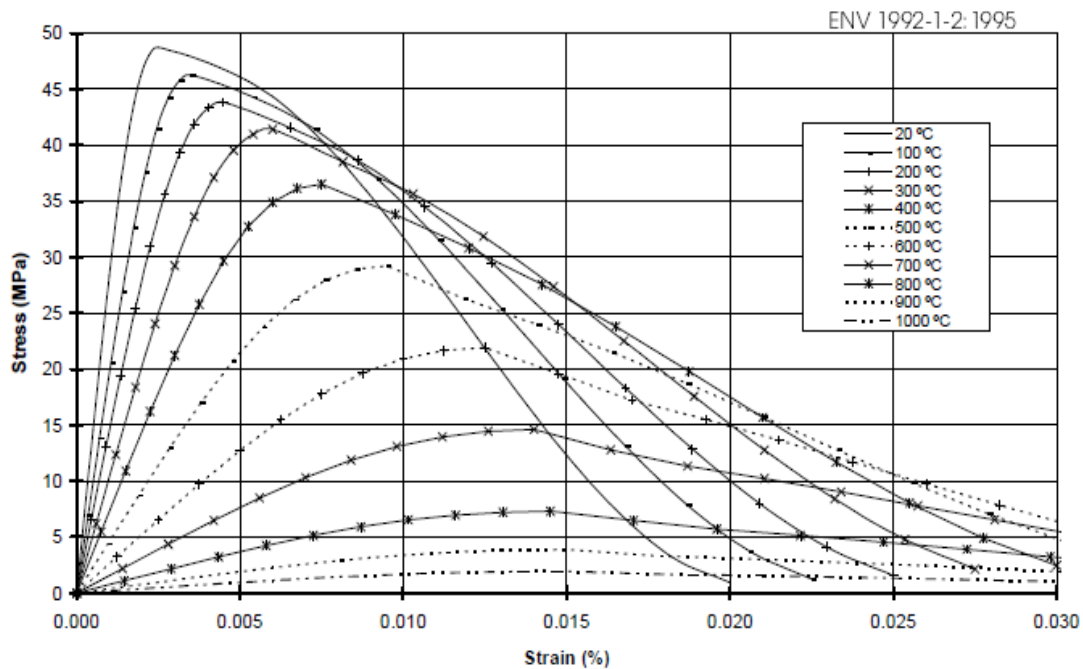


Рис. 1. Діаграми "напруження-деформації стиснутого бетону при підвищених температурах ENV 1992-1-2 1995.

Деформації $\epsilon_{cu1,\theta}$, наведені в табл. 1, названі граничними, відповідають напруженням $\sigma_{cu,\theta} \cong 0$ і вимагають коректування для вказівки напрямку при побудові спадаючої гілки діаграми моделі ДСТУ. Для проведення пружних і непружних розрахунків в програмних комплексах потрібні значення модулів пружності стисненого $E_{c,\theta}$ і розтягнутого бетону $E_{tc,\theta}$, деформацій $\epsilon_{c1,\theta}$, $\epsilon_{tc1,\theta}$, відповідних міцності на стиск $f_{c,\theta}$ і на розтяг $\epsilon_{tcu,\theta}$, граничних деформацій $\epsilon_{cu,\theta}$, $\epsilon_{tcu,\theta}$ і відповідних їм граничних напружень $\sigma_{cu,\theta}$ і $\sigma_{tcu,\theta}$. Ці дані в стандарті ДБН [5] відсутні, але можуть бути отримані в результаті аналізу діаграм, наведених у ENV 1992-1-2 1995 (рис. 2), а також табличних даних.

Аналіз діаграм ENV 1992-1-2 1995 (рис. 1) показав, що таблиця 1 складена за цими даними: деформації $\epsilon_{c1,\theta}$ відповідають міцності на стиск $f_{c,\theta}$ при зазначених температурах, деформації $\epsilon_{cu,\theta}$ відповідають напруженням $\sigma_{cu,\theta} \cong 0,01f_{c,\theta}$. Дійсні граничні деформації $\epsilon_{cu1,\theta}$ визначимо на основі енергетичного підходу, який вже застосовувався для аналогічних досліджень [6].

Сутність способу визначення граничної деформативності структурно неоднорідних конструкційних матеріалів щодо повних діаграм « $\sigma_c - \epsilon_c$ » полягає в побудові залежностей потенціалу навантаження від величини діючого зусилля, які визначаються на основі рівноважних діаграм деформування.

Згідно з повними діаграмами стиснутого бетону, перебудований у безрозмірних координатах « $f_{c,\theta} / f_{ck} - \epsilon_c$ » з діаграм

ENV 1992-1-2, були побудовані залежності відносного потенціалу навантаження від стискального зусилля « $W - P$ ».

Значення відносного потенціалу навантаження наведено у вигляді:

$$W = \frac{P \cdot \varepsilon \cdot l}{P_R \cdot \varepsilon_R \cdot l} \quad (2)$$

де: P , ε – поточні значення навантаження і деформацій, P_R , ε_R – значення навантаження і деформацій, що відповідають максимуму кривої « $\sigma_c - \varepsilon_c$ ». Розділивши значення P і P_R в чисельнику і знаменнику рівняння (2) на площу поперечного перерізу призми, можна отримати вираз відносного потенціалу навантаження через напруження:

$$W = \frac{\sigma \cdot \varepsilon \cdot l}{\sigma_R \cdot \varepsilon_R \cdot l} \quad (3)$$

Розрахунок будується у такій послідовності. З сімейства кривих вибирається крива з певною температурою і будується діаграма. Наприклад, для температури $\theta=20$ С. Використовуючи формулу (3) отримаємо:

$$W = \frac{\sigma \cdot \varepsilon \cdot l}{\sigma_R \cdot \varepsilon_R \cdot l} = \frac{\sigma \cdot \varepsilon}{0,0018}$$

Далі складемо таблицю залежності $W=f(\sigma)$, будемо графік $W=f(\sigma)$, рис. 2 і визначаємо його екстремум $S=0,73$. Повертаємося до діаграм, за якою для $S=0,73$ знаходимо значення $\varepsilon_{cu1,\theta} = 4,2$ ‰.

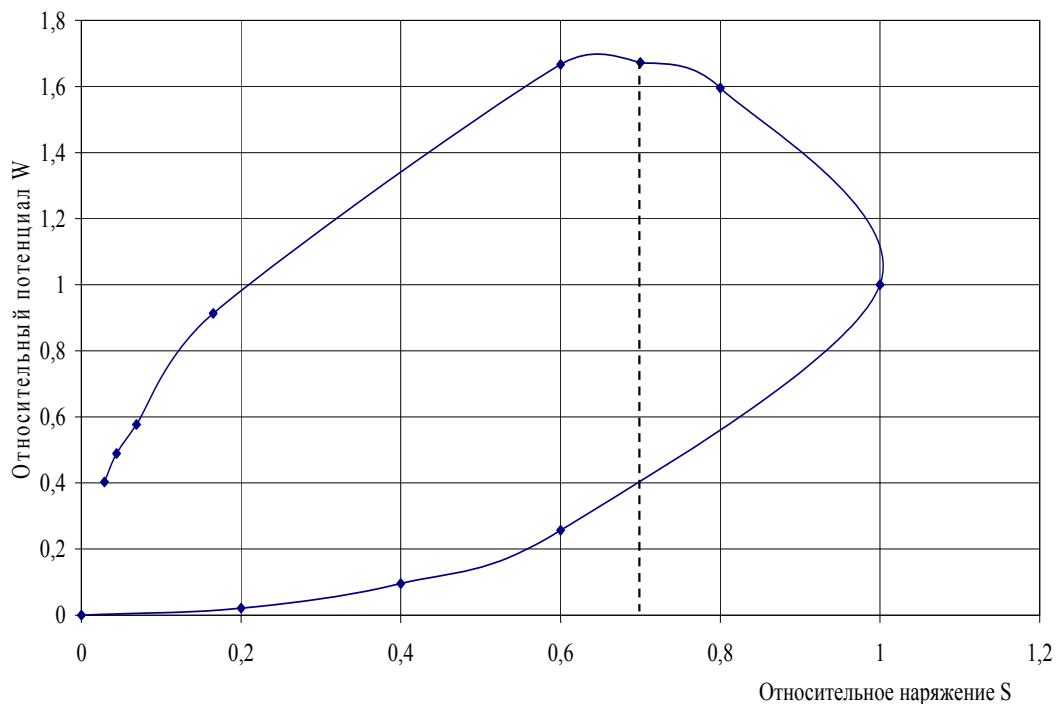


Рис. 2. Залежність відносного потенціалу навантаження W від відносного напруження S .

Аналогічно визначаємо значення параметрів діаграми "напруження-деформація" для бетону при інших температурах, табл. 2.

2. Скоригована таблиця значень параметрів діаграми "напруження-деформація" для бетону на силікатному і карбонатному заповнювачі при підвищених температурах

Температура бетону, θ , °C	Силікатний наповнювач				Карбонатний наповнювач			
	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu,\theta}$	$\epsilon_{cu1,\theta}$
20	1,00	0,0025	0,004	0,0200	1,00	0,0025	0,004	0,0200
100	1,00	0,0040	0,0054	0,0225	1,00	0,0040	0,0054	0,0225
200	0,95	0,0055	0,007	0,0250	0,97	0,0055	0,007	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0068	0,0275	0,91	0,0070	0,0068	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0118	0,0300	0,85	0,0100	0,0118	0,0300
500	0,60	0,0150	0,015	0,0325	0,74	0,0150	0,015	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0195	0,0350	0,60	0,0250	0,0195	0,0350
700	0,30	0,0250	0,022	0,0375	0,43	0,0250	0,022	0,0375
800	0,15	0,0250	0,023	0,0400	0,27	0,0250	0,023	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0235	0,0425	0,15	0,0250	0,0235	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0235	0,0450	0,06	0,0250	0,0235	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0235	0,0475	0,02	0,0250	0,0235	0,0475

Як видно з рис. 2, для всіх зразків з різною температурою нагріву процес збільшення потенціалу навантаження після досягнення максимального зусилля сповільнюється. Крива « $W - P$ » або « $W - \sigma$ » відхиляється від вертикалі і при деякому значенні навантаження (напруження) функція має екстремум, після якого відбувається зменшення потенціалу навантаження.

Значення граничних деформацій визначали на діаграмах « $\sigma_b - \epsilon_b$ » (рис. 2) по напругам, що відповідає екстремуму функції потенціалу навантаження (рис. 3). Залежність зміни граничних деформацій від температури наведена на рис. 3.

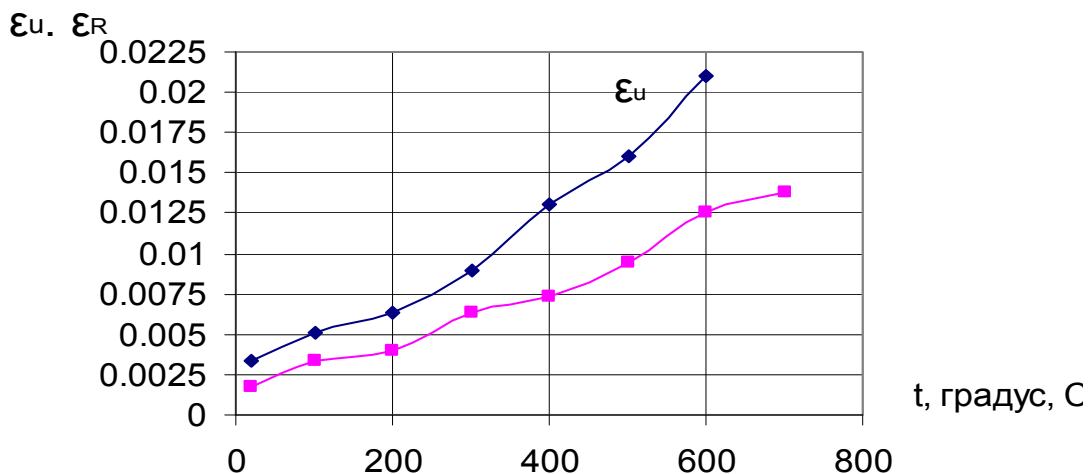


Рис. 3. Залежність зміни граничних деформацій від температури.

Висновок. Таким чином, граничні деформації бетону, обчислені на основі енергетичного критерію відповідають моменту порушення цілісності бетонного зразка, переходу до деформації окремих частин роздробленого бетону в результаті завершення процесу дилатації (взаємовпливу об'ємної складової деформацій і складової деформацій зсуву), що призведе до утворення макротріщин відриву.

Список літератури

1. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design.
2. ДСТУ-НП Б В.2.6-ХХ: 20ХХ Конструкції будинків і споруд. Проектування залізобетонних конструкцій. Основні положення. Вогнестійкість. (EN 1992-1-2:2004).
3. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Навантаження на споруди. Основні навантаження. Навантаження на споруди при пожежі «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)».
4. Фомін С. Л. Вогнестійкість залізобетонних конструкцій при проектуванні за національними стандартами, гармонізованими з Єврокодами / С. Л. Фомін, В. Г. Поклонський // Міжвід. науково-техн. зб. наукових праць (будівництво) / Вип. 74: в 2-х кн.: Кн. 1. – К., ДП НДІБК, 2011. – С. 68–88.
5. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 71 с.
6. Бамбура А. Н. Экспериментальные исследования закономерности деформирования бетона при двухосном сжатии / А. Н. Бамбура, А. И. Давиденко // Строительные конструкции. – К.: Будівельник, 1989. – Вып. 42. – С. 95–100.

References

1. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design.
2. DSTU-NP B V.2.6-KhKh: 20KhKh Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Proektuvannya zalizobetonnykh konstruktsiy. Osnovni polozhennya. Vohnestiykist'. [Construction of buildings and structures. Design of reinforced concrete structures. The main provisions. The fire resistance] (2004). (EN 1992-1-2:2004).
3. DSTU-N B EN 1991-1-2: (2010). Navantazhennya na sporudy. Osnovni navantazhennya. Navantazhennya na sporudy pry pozhezhi «Yevrokod 1. Diyi na konstruktsiyi. Chastyna 1-2. Zahal'ni diyi. Diyi na konstruktsiyi pid chas pozhezhi [Load structure. The basic load. Loads on structures in fire "Eurocode 1. Action on the design. Part 1-2. The General steps. Impact on structures in fire] (EN 1991-1-2:2002, IDT)».
4. Fomin S. L., Poklons'kyi, V. H. (2011). Vohnestiykist' zalizobetonnykh konstruktsiy pry proektuvanni za natsional'nymy standartamy, harmonizovanymy z Evrokodamy [Fire resistance of reinforced concrete structures design according to national standards, harmonized with Eurocodes]. Mizhvid. naukovo-tekh. zb. naukovykh prats' (budivnytstvo). Vyp. 74: v 2-kh kn.: Kn. 1. K., DP NDIBK, 68–88.
5. DBN V.2.6-98 (2011). Konstruktsiyi budynkiv ta sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi. Osnovni polozhennya [Construction of houses and buildings. Concrete

and reinforced concrete structures. The main provisions]. K.: Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy, 71.

6. *Bambura, A. N., Davydenko, A. Y.* (1989). Eksperymental'nie yssledovannya zakonomernosty deformyrovanyya betona pry dvukhosnom szhaty [Experimental studies of the regularities of deformation of concrete under biaxial compression]. Building construction. K.: Budivel'nyk, Vip. 42. 95–100.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРЕДЕЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ БЕТОНА ПО ДИАГРАММАМ НАПРЯЖЕНИЕ – ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А. А. Давыденко

Аннотация. *В статье приведена методика определения предельных деформаций бетона при различных температурах с использованием энергетического критерия. С помощью построения зависимостей потенциала нагрузки от величины действующего усилия, которые определяются на основе равновесных диаграмм деформирования при повышенных температурах, получены предельные деформации бетона, соответствующие моменту нарушения целостности бетонного образца и переходу к деформации отдельных частей раздробленного бетона в результате завершения процесса дилатации (завершение взаимовлияния объемной составляющей деформаций и составляющей деформаций сдвига), что приводит к образованию макротрещин отрыва. По результатам вычисления значений относительного потенциала нагрузки скорректированы параметры диаграммы "напряжение-деформация" для бетона на силикатном и карбонатном заполнителе при повышенных температурах. Приведенные результаты исследований являются необходимой составляющей при разработке проекта национального стандарта «Конструкции зданий и сооружений. Проектирование железобетонных конструкций. Основные положения. Огнестойкость».*

Ключевые слова: *граница, деформация, бетон, диаграмма, напряжение, температура*

TO DEFINITION OF ULTIMATE STRAIN OF CONCRETE DIAGRAMS TENSION – STRAIN CURVE OF CONCRETE AT ELEVATED TEMPERATURES

O. O. Davydenko

Abstract. *In paper the technique of determination of ultimate strain of concrete at different temperatures using the energy criterion. Using build dependencies of the potential load on the magnitude of the current efforts, which are determined on the basis of equilibrium diagrams, deformation at elevated temperatures, the obtained limiting strain of concrete corresponding to the time of violation of the integrity of the concrete sample and the transition to deformation of individual pieces*

of crushed concrete as a result of completing the process of dilatation (the end of the interaction volumetric component of the deformation component and shear deformation) that leads to the formation of macro cracks detection of separation. The results of calculation of values of the relative capacities load the adjusted parameters of diagram "stress-strain" for concrete silicate and carbonate filler at elevated temperatures. The results of studies are a necessary component in the development of draft national standard "Construction of buildings and structures. Design of reinforced concrete structures. The main provisions. The fire".

Keywords: boundary, deformation, concrete, diagram, voltage, temperature

УДК 632.08

ДОСЛІДЖЕННЯ БОКСУ З КОМАХАМИ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

**В. П. Лисенко, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

І. С. Чернова, інженер

Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН

Анотація. Досліджено бокс для вирощування млинової вогнівки (*Ephestia kuehniella*), комахи-хазяїна ентомофага бракона (*Bracon hebetor*), як об'єкт автоматизації. Актуальність роботи полягає в тому, що дослідження боксу з комахами як об'єкта автоматизації є важливим етапом на шляху створення енергоефективної системи керування електротехнічним комплексом для виробництва ентомофагів. Метою роботи є визначення динамічних властивостей боксу з комахами як об'єкта керування. Наведено параметричну модель боксу. Вхідними параметрами є густина гусениць; густина зерна; густина повітря; об'єм повітря боксу; об'єм кювети; середня маса гусениць; маса зерна; питома теплоємність гусениць; питома теплоємність зерна; питома теплоємність повітря. Вихідним параметром є температура боксу. Параметри збурення - температура та відносна вологість зовнішнього середовища, температура зерна. Параметри керування – потужність нагрівника і потужність зволожника. Формалізовано тепловий баланс боксу у вигляді диференційного рівняння першого порядку.

© В. П. Лисенко, І. С. Чернова, 2016