



## АВТОРИ



**ФОМІН С.Л.**  
Докт. техн. наук,  
професор,  
Харківський  
національний  
університет  
будівництва та  
архітектури



**ПОКЛОНСЬКИЙ В.Г.,**  
Канд. техн. наук,  
завідувач лабораторії  
ДП «Державний  
науково-дослідний  
інститут будівельних  
конструкцій»



**БУТЕНКО С.В.,**  
Канд. техн. наук,  
доцент - докто-  
рант, Харківський  
національний  
університет  
будівництва та  
архітектури

# БЕТОННІ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ, ЩО ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ РОБОТИ ЗА УМОВ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНИХ І ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

УДК 624.012:53.09

## АНОТАЦІЯ

*За наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України здійснено перевіряння СНиП, у тому числі СНиП 2.03.04-84. За результатами перевіряння запропоновано розробити нормативний акт на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН.*

*In compliance with the Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine the verification of SNiPs including SNiP 2.03.04-84 was carried out. Based on the verification results it is proposed to develop a new regulation with a DBN status to replace SNiP 2.03.04-84.*

## КЛЮЧОВІ СЛОВА

жаростійкий бетон, залізобетонні конструкції, підвищені і високі температури

## ВСТУП

На даний час нормативна база України перейшла на європейські норми. Закінчено процес гармонізації з Єврокодами, розроблені і введені в дію нові національні нормативні документи ДБН і ДСТУ, що замінили СНиП. При цьому в Єврокодах виявився відсутній великий розділ «Бетонні та залізобетонні конструкції, що призначені для роботи за умов впливу підвищених і високих температур», для якого були розроблені будівельні норми і правила СНиП.

За наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 18.04.2016 № 93 (зі змінами, внесеними наказом Мінрегіону від 20.09.2016 № 256) здійснено перевіряння СНиП, у тому числі СНиП 2.03.04-84. Ці норми і правила поширюються на проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що призначені для роботи в умовах систематичного впливу підвищених (від



50 до 200 °С включно) і високих (вище 200 °С) технологічних температур.

### **Висновок та пропонуване рішення щодо СНиП 2.03.04-84**

За результатами перевірки СНиП 2.03.04-84 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» та керуючись вимогами ДСТУ Б А.1.1-91:2008, згідно з якими будівельні норми повинні ґрунтуватися на сучасних досягненнях науки, техніки та технології, передовому вітчизняному та зарубіжному досвіді проектування і будівництва та враховувати вимоги національних, міжнародних і міждержавних нормативних документів, нормативно-правових актів, до дії яких приєдналась Україна, запропоновано:

- з метою наповнення національної нормативної бази нормативним актом національного рівня, який регламентуватиме вимоги до проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що перебувають в умовах впливу підвищених і високих температур, розробити нормативний акт на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН;
- згідно з ДБН А.1.1-1-93 віднести до комплексу нормативних документів В.2.6 «Конструкції будинків і споруд» та віднести до класифікаційних угруповань – «Вогнетривкість будівельних матеріалів і елементів» (код УКНД 13.220.50), «Технічні аспекти» (код УКНД 91.010.30) і «Бетонні та залізобетонні конструкції» (код УКНД 91.080.40) згідно з ДК 004.

Запропонована назва нормативного акту – «Бетонні та залізобетонні конструкції, що призначені для роботи за умов впливу підвищених і високих температур».

## **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

В цей час проведена робота щодо актуалізації нормативної бази в цій галузі, в СП 52-101-2003 з'явився розділ з деформаційною моделлю, проте багато чого не вистачає для проведення правильного аналізу. Жаростійкі бетони в елементах теплових агрегатів застосовуються відповідно до Додатку А СП 52-110-2009, що включає галузі чорної металургії (доменні печі, повітрянагрівачі, вагранки для плавки чавунця, коксові батареї та ін.), кольорової металургії (графітові печі, печі киплячого шару, алюмінієві і магнієві електролізери, термічні, нагрівальні, випалювальні печі й ін.), нафтопереробної та нафтохімічної промисловості (трубчасті печі, вертикально-секційні печі та ін.), в промисловості будівельних матеріалів, в різних галузях промисловості.

При розробленні нормативного акту на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН доцільно використовувати Збірку правил СП 27.13330.2011 «Бетонні та залізобетонні конструкції, призначені для роботи в умовах впливу підвищених і високих температур».

Цей збір правил побудовано на основі численних теоретичних і експериментальних досліджень Некрасова К.Д. [1], Бельського В.І. [2], Тотурбієва А.Б. [3], Гитман Г.Ф., Малкіної Т.Н., Милованова А.Ф. [4, 5], Десова А.Є. [6], Р. Фон дер Хейдена, Фріча П., Кріщаніца Р., Рампла Р. [7] та ін.

Збір правил розроблений НДІЗБ ім. Гвоздьова О.О. – інститутом ВАТ «НДЦ «Строительство»: керівник – д-р техн. наук, проф. Милованов А.Ф. Виконавці: д-ри техн. наук, проф. Кричевський А.П., Фомін С.Л.; кандидати техн. наук Горячев В.Н., Жданова Н.П., Заславський І.М., Мілонов В.Н., Петров-Денисов В.Г., Самойленко В.Н., Соломонов В.В., Кузнецова І.С., інженери Хворих Е.М., Тарасова В.А., за участю ТОВ «УралНИИИстром» (канд. техн. наук. Ахтямов Р.Я.) [8].

Про необхідність створення ДБН свідчать також роботи по коксохімічній промисловості для фундаментів коксових батарей. Нелінійна модель введення-виведення для коксової батареї розглянута в роботі [9], розрахунок втрат тепла фундаментної плити при нерівномірних температурних профілях внутрішньої температури в [10], технічні тенденції в перепроєктуванні та будівництві коксових батарей викладені в [11], аналіз перенесення тепла в фундаментах проведено в [12]. В роботах [13-14] отримані температурні поля в залізобетонних конструкціях, виявлено нові особливості напружено-деформованого стану залізобетонних монолітних конструкцій фундаментів коксових батарей, одержані результати експериментальних досліджень, що виявили ряд нових особливостей роботи залізобетонних конструкцій і дозволили удосконалити характер армування, довести доцільність конструктивних рішень фундаментів з жаростійкого бетону без футерування борів.

## **МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Метою проекту є створення нового національного нормативу ДБН «Бетонні та залізобетонні конструкції, що призначені для роботи за умов впливу підвищених і високих температур», що ґрунтуються на сучасних досягненнях науки, техніки та технології, передовому вітчизняному та зарубіжному досвіді проектування і будівництва та враховують вимоги національних, міжнародних і міждержавних нормативних документів і в той же час використовують теоретичні і експериментальні дослідження актуалізованої редакції СНиП 2.03.04-84.

Основні завдання стосуються макету ДБН: сфе-



ри застосування, термінів і визначень, загальних вказівок, розрахункових вимог, матеріалів для бетонних і залізобетонних конструкцій – бетону і арматури, розрахунку елементів бетонних і залізобетонних конструкцій на дію температури, розрахунку елементів бетонних і залізобетонних конструкцій за граничними станами першої групи, розрахунку за граничними станами другої групи і конструктивні вимоги.

### **Сфера застосування**

Цей ДБН поширюється на проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що систематично зазнають дії підвищених (від 50 до 200 °С включно) і високих (понад 200 °С) технологічних температур, та зволоженню технічною парою.

### **Терміни і визначення**

У даних нормах застосовані терміни зі зведення правил [8] і інших нормативних документів, на які є посилання в тексті.

### **Загальні вказівки**

Бетонні і залізобетонні конструкції мають бути забезпечені необхідною надійністю щодо виникнення усіх видів граничних станів: розрахунком, вибором показників якості матеріалів, призначенням розмірів і конструюванням. При цьому мають бути виконані технологічні вимоги при виготовленні конструкцій і дотримані вимоги по експлуатації споруд і теплових агрегатів, а також вимоги з екології, що встановлюються відповідними нормативними документами.

Бетонні і залізобетонні конструкції, що призначені для роботи в умовах дії високих температур вище 200 °С, слід передбачати з жаростійкого бетону.

Несучі елементи конструкцій теплових агрегатів, що виконуються з жаростійкого бетону, переріз яких може нагріватися до температури вище 1000 °С, допускається приймати тільки після їх дослідної перевірки.

Циклічний нагрів – тривалий температурний режим, при якому в процесі експлуатації конструкція періодично піддається нагріву, що повторюється, з коливаннями температури більше 30 % розрахункового значення при тривалості циклів від 3 год до 30 діб.

Постійний нагрів – тривалий температурний режим, при якому в процесі експлуатації конструкція піддається нагріву з коливаннями температури до 30 % розрахункового значення.

Жаростійкі бетони в елементах конструкцій теплових агрегатів слід застосовувати відповідно до рекомендованого додатку А.

Класи жаростійкого бетону за гранично допустимою температурою застосування відповідно до ГОСТ 20910 залежно від виду в'язучого, заповнювачів, тонкомелених домішок і затверджувача

наведено в таблиці 5.1.

### **Основні розрахункові вимоги**

Розрахунки бетонних і залізобетонних конструкцій слід виконувати за граничними станами, що включають:

- граничні стани першої групи (за повної непридатності до експлуатації внаслідок втрати несучої здатності);
- граничні стани другої групи (за непридатності до нормальної експлуатації внаслідок утворення або надмірного розкриття тріщин, появи неприпустимих деформацій).

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій надійність конструкції встановлюють розрахунком шляхом використання розрахункових значень навантажень і температур, розрахункових значень характеристик матеріалів, що визначені за допомогою відповідних часткових коефіцієнтів надійності за їх характеристичними значеннями з урахуванням класу відповідальності споруди або теплового агрегату.

Розрахунок конструкцій, що працюють в умовах дії підвищених і високих температур, повинен виконуватися на усі можливі несприятливі поєднання навантажень від власної ваги, зовнішнього навантаження і температури, з урахуванням тривалості їх дії і, у разі потреби, після охолодження.

Розрахунок конструкції з урахуванням дії підвищених і високих температур необхідно виконувати для таких основних розрахункових стадій роботи:

- короткочасний нагрів - перший розігрів конструкції до розрахункової температури;
- тривалий нагрів - дія розрахункової температури в період експлуатації.

Розрахунок статично визначених конструкцій за граничними станами першої і другої груп (за винятком розрахунку за утворенням тріщин) слід вести тільки для стадії тривалого нагріву. Розрахунок за утворенням тріщин необхідно виконувати для стадій короткочасного і тривалого нагріву з урахуванням зусиль, що виникають від розподілу температури бетону по висоті перерізу елемента.

Температура бетону в перерізах конструкцій від нагріву при експлуатації повинна визначатися теплотехнічним розрахунком теплового потоку, що встановився, при заданій за проектом розрахунковій температурі робочого простору або повітря виробничого приміщення.

При розрахунку міцності залізобетонних елементів на дію стискаючої подовжньої сили слід враховувати випадковий ексцентриситет  $e_a$ , що приймається не менше:  $1/600$  довжини елемента або відстані між перерізами, закріпленими від зміщення;  $1/10$  висоти перерізу і не менше 10 мм.



## Матеріали для бетонних і залізобетонних конструкцій

### Бетон

Для бетонних і залізобетонних конструкцій, призначених для роботи в умовах дії підвищених і високих температур, слід передбачати:

звичайний бетон - конструкційний важкий бетон середньої густини від 2200 до 2500 кг/м<sup>3</sup> включно за ГОСТ 25192;

жаростійкий бетон конструкційний і теплоізоляційний щільної структури середньої густини 900 кг/м<sup>3</sup> і більше за ГОСТ 20910, склади яких наведено в табл. 5.1 (№ складів бетонів, клас бетону за гранично допустимої температури застосування, початкові матеріали - в'язуче, отверджувач, тонкомолота добавка, заповнювачі, найбільший клас бетону за міцністю на стиск, середня густина бетону природної вологості, кг/м<sup>3</sup>).

Жаростійкий бетон середньої щільності до 1100 кг/м<sup>3</sup> включно слід передбачати переважно для несучих огорожувальних конструкцій і в якості теплоізоляційних матеріалів.

Жаростійкий бетон середньої густини більше 1100 кг/м<sup>3</sup> слід передбачати для несучих конструкцій.

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій, що працюють в умовах дії підвищених і високих температур, залежно від їх призначення й умов роботи повинні встановлюватися показники якості бетону, основними з яких є:

- клас бетону за міцністю на стиск;
- клас звичайного бетону за міцністю на осьовий розтяг (призначається у випадках, коли ця характеристика має головне значення і контролюється на виробництві);
- клас жаростійкого бетону за гранично допустимою температурою застосування згідно з ГОСТ 20910 (повинен вказуватися в проєкті в усіх випадках);
- марка жаростійкого бетону за термічною стійкістю у водних  $\theta_1$  і в повітряних  $\theta_2$  тепломінах (призначається для конструкцій, до яких висуваються вимоги з термічної стійкості);
- марка за водонепроникливістю  $W$  (призначається для конструкцій, до яких висуваються вимоги з обмеження водонепроникливості);
- марка за морозостійкістю  $F$  (призначається для конструкцій, що в період будівництва або при зупинці теплового агрегату можуть піддаватися епізодичній дії температури нижче 0 °С);
- марка за середньою густиною  $D$  (призначається для конструкцій, до яких окрім конструктивних висуваються вимоги теплоізоляції, і контролюється при їх виготовленні).

Для бетонних і залізобетонних конструкцій, призначених для роботи в умовах систематичної дії підвищених і високих температур, передбачають бетони:

а) класів за міцністю на стиск:

звичайний бетон складів №1 і №1а за табл. 5.1 - від  $f_{ck(\theta)}$  20 до  $f_{ck(\theta)}$  60;

жаростійкі бетони складів за табл. 5.1:

№ 2, 3, 6, 7 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 15 до  $f_{ck(\theta)}$  = 50;

№ 10, 11, 21 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 15 до  $f_{ck(\theta)}$  = 40;

№ 19, 20 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 15 до  $f_{ck(\theta)}$  = 35;

№ 12, 13, 14, 15 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 12,5 до  $f_{ck(\theta)}$  = 25;

№ 4, 5, 8, 9, 16-18, 23, 29 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 12,5 до  $f_{ck(\theta)}$  = 20;

№ 24, 27, 30 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 2 до  $f_{ck(\theta)}$  = 10;

№ 22, 24, 30, 32, 35-37 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 1 до  $f_{ck(\theta)}$  = 5;

№ 25, 28, 31, 32, 34 - від  $f_{ck(\theta)}$  = 1 до  $f_{ck(\theta)}$  = 3,5;

№ 26, 33 - від  $f_{ck(\theta)}$  1 до  $f_{ck(\theta)}$  = 2,5.

Для залізобетонних конструкцій з жаростійкого бетону, що працюють в умовах дії високих температур, рекомендується приймати клас бетону за міцністю на стиск не нижче  $f_{ck(\theta)}$  = 12,5.

Для попередньо напружених залізобетонних конструкцій зі звичайного і жаростійкого бетонів, що працюють в умовах дії підвищених і високих температур, клас бетону за міцністю на стиск повинен прийматися залежно від виду і класу напруженої арматури, її діаметру і наявності анкерних пристроїв, але не менше  $f_{ck(\theta)}$  = 25.

### Деформаційні характеристики бетону

Основними деформаційними характеристиками бетону є значення:

граничних відносних деформацій бетону при осьовому стиску  $\varepsilon_{b0}$  і розтягу  $\varepsilon_{bt0}$ ;

початкового модуля пружності бетону  $E_b$ ;

коефіцієнта повзучості  $\varphi_{b,cr}$ ;

коефіцієнта поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона)  $\nu_{b,p}$ ;

коефіцієнта лінійної температурної деформації  $\alpha_{bt}$ ;

коефіцієнта температурної усадки бетону  $\alpha_{cs}$ .

При розрахунку міцності, утворення і розкриття тріщин і деформацій залізобетонних конструкцій з урахуванням впливу температури за деформаційною моделлю для оцінки напружено-деформованого стану стиснутого бетону, як найбільш проста може бути використана двохлінійна діаграма стану бетону і трилінійна діаграма.

### Арматура

Для армування температуростійких залізобетонних конструкцій застосовують арматуру, що відповідає вимогам відповідних державних стандартів ГОСТ 5781, ГОСТ 10884, ГОСТ 6727, ГОСТ 4543, ГОСТ 5949 і технічних умов СТО АСЧМ 7 [3], наступних класів і марок:

стрижнева арматурна сталь:

гарячекатана гладкого профілю класу А240, періодичного профілю з постійною і змінною



висотою виступів (відповідно кільцевий і серповидний профілі) класів: А300, А400, А500, А600, А800, А1000;

холоднодеформована періодичного профілю класу В500;

дротяна арматурна сталь:

холоднотягнута високоміцна гладка і періодичного профілю класів Вр1200 - Вр1500;

арматурні канати спіральні семидротяні класів: К-1400(К-7), К-1500(К-7) і дев'ятнадцятидротяні класу К-1500(К-19).

Для залізобетонних конструкцій з жаростійкого бетону при нагріві арматури вище 400 °С передбачають стрижневу арматуру і прокат з:

легованої сталі марок 30ХМ;

корозійностійких жаростійких і жароміцних сталей марок 12Х13, 20Х13, 08Х17Т, 12Х189Н9Т, 20Х23Н18, 45Х14Н14В2М.

Із-за розвитку пластичних деформацій і зміни структури сталі температура застосування арматури лімітується. У попередньо напруженій арматурі з підвищенням температури відбуваються додаткові втрати попереднього напруження, що ще більш обмежує допустиму температуру нагріву попередньо напруженої арматури.

#### **Деформаційні характеристики арматури**

При дії температури основними деформаційними характеристиками арматури є значення відносних деформацій подовження арматури  $\varepsilon_{s\theta}$  при досягненні напругою розрахункового опору  $f_{sp,\theta}$  і модуля пружності арматури  $E_{s,\theta}$  і коефіцієнта лінійного температурного розширення арматури  $\alpha_{s\theta}$ . Значення відносних деформацій арматури  $\varepsilon_{s\theta}$  визначають як пружні при значенні опору арматури  $R_{s\theta}$ :

$$\varepsilon_{s\theta} = \frac{R_{st}}{E_{st}}. \quad (1)$$

Значення модуля пружності арматури  $E_s$  приймають однаковими при розтягу і стиску.

Вплив температури на зміни модуля пружності арматури враховують множенням модуля пружності арматури  $E_s$  на коефіцієнт  $\beta_s$ :

$$E_{s,\theta} = E_{s\beta s}. \quad (2)$$

В якості розрахункової діаграми стану (деформації) арматури, що встановлює зв'язок між напруженням  $\sigma_{s\theta}$  і відносними деформаціями  $\varepsilon_s$  арматури, приймають двохлінійну діаграму, яку використовують при розрахунку залізобетонних елементів за деформаційною моделлю.

#### **Розрахунок температури у бетоні залізобетонних конструкцій**

Розрахунок розподілу температури в залізобетонних конструкціях роблять для теплового потоку, що встановився, шляхом розв'язання дифе-

ренційного рівняння нестационарної теплопровідності. Температуру арматури в перерізах залізобетонних конструкцій приймають рівній температурі бетону в місці її розташування.

Теплотехнічний розрахунок статично невизначених конструкцій, працюючих в умовах температурних дій, виконують на розрахункову температуру, що викликає найбільші зусилля.

#### **Розрахунок зусиль від дії температури**

Розрахунок статично невизначених залізобетонних конструкцій на дію температури виконують одним з методів будівельної механіки, шляхом послідовних наближень, з прийняттям дійсної жорсткості перерізів.

#### **Розрахунок елементів бетонних і залізобетонних конструкцій за граничними станами першої групи**

Бетонні елементи розраховують за міцністю на дію поздовжніх стискальних сил і на місцевий стиск при постійному нагріві і температурах вище гранично допустимих для застосування арматури.

Розрахунок за міцністю елементів бетонних конструкцій, що піддаються дії подовжньої стискальної сили і високих температур, повинен виконуватися для перерізів, нормальних до їх подовжньої осі без урахування опору бетону розтягнутої зони.

Розрахунок позацентрово-стиснутих елементів без урахування опору бетону розтягнутої зони виконують, приймаючи, що досягнення граничного стану характеризується руйнуванням стиснутого бетону.

#### **Розрахунок залізобетонних елементів за міцністю**

Розрахунок за міцністю залізобетонних елементів в умовах дії температури на дію згинаючих моментів, поздовжніх сил (позацентровий стиск або розтяг) виконують для перерізів, нормальних до їх поздовжньої осі, на основі граничних зусиль.

#### **Перевірка міцності нормальних перерізів на основі деформаційної моделі**

При розрахунку міцності в умовах дії температури зусилля і деформації в перерізі, нормальному до подовжньої осі елементу, визначають на основі деформаційної моделі, використовуючи рівняння рівноваги зовнішніх сил і внутрішніх зусиль в перерізі елементу з урахуванням зміни властивостей бетону і арматури від дії температури.

#### **Розрахунок залізобетонних елементів на місцевий стиск**

Розрахунок залізобетонних елементів на місцевий стиск (зминання) виконують при дії стискаючої сили, прикладеної на обмеженій площі нормально до поверхні залізобетонного елементу. При цьому враховують підвищений опір стиску бетону в межах вантажної площі (площі зминан-



ня) за рахунок об'ємного напруженого стану бетону під вантажною площею, залежне від розташування вантажної площі на поверхні елементу.

#### **Розрахунок залізобетонних елементів на продавлювання**

Розрахунок на продавлювання виконують для плоских залізобетонних елементів (плит) при дії на них (нормально до площини елементу) місцевих, концентрованих докладених зусиль у вигляді зосереджених сили і згинального моменту.

При розрахунку на продавлювання розглядають розрахунковий поперечний переріз, розташований навколо зони передачі зусиль на елемент на відстані  $0,5h_0$  нормально до його подовжньої осі, по поверхні якого діють дотичні зусилля від зосередженої сили і згинального моменту.

#### **Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи**

Розрахунки за граничними станами другої групи включають:

- розрахунок на розкриття тріщин;
- розрахунок за деформаціями.

Розрахунок на утворення тріщин виконують для перевірки необхідності розрахунку на розкриття тріщин, а також для перевірки необхідності урахування тріщин при розрахунку за деформаціями.

#### **Розрахунок залізобетонних елементів на розкриття тріщин**

Розрахунок залізобетонних елементів на розкриття тріщин виконують в тих випадках, коли згинальний момент від зовнішнього навантаження і температури  $M$  відносно осі, нормальної до площини дії моменту і приведенного поперечного перерізу елементу, що проходить через центр ваги, більше згинального моменту  $M_{ст}$ , що приймається нормальним перерізом елементу при утворенні тріщин.

Ширина розкриття тріщин  $a_{ст}$  від дії зовнішнього навантаження і температури не повинна перевищувати гранично допустиму ширину розкриття тріщин, що приймають рівною:

- а) з умови забезпечення збереження арматури:
  - 0,3 мм - при тривалому розкритті тріщин;
  - 0,4 мм - при нетривалому розкритті тріщин;
- б) з умови обмеження проникливості конструкцій:
  - 0,2 мм - при тривалому розкритті тріщин;
  - 0,3 мм - при нетривалому розкритті тріщин.

#### **Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за деформаціями**

Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за деформаціями виконують з урахуванням експлуатаційних вимог, що пред'являються до

конструкцій.

Розрахунок за деформаціями слід виконувати на дію:

- постійних, тимчасових тривалих і короткочасних навантажень і короткочасного нагріву при обмеженні деформацій технологічними або конструктивними вимогами;
- постійних і тимчасових тривалих навантажень і тривалого нагріву при обмеженні деформацій естетичними вимогами.

#### **Розрахунок залізобетонних елементів за прогинами**

Розрахунок залізобетонних елементів за прогинами виконують з умови: прогин залізобетонного елементу від дії зовнішнього навантаження і температури не повинен перевищувати значення гранично допустимого прогину залізобетонного елементу.

При дії постійних, тривалих і короткочасних навантажень і короткочасного і тривалого нагріву прогин балок або плит в усіх випадках не повинен перевищувати  $1/150$  прольоту і  $1/75$  вильоту консолі.

#### **Визначення кривизни залізобетонних елементів на основі деформаційної моделі**

Значення кривизни визначають із рішення системи рівнянь. При цьому при визначенні кривизни від нетривалої дії навантаження і короткочасного нагріву в розрахунку використовують діаграми короткочасної деформації стиснутого і розтягнутого бетону, а при визначенні кривизни від тривалої дії навантаження і температури – діаграми тривалої деформації бетону з розрахунковими характеристиками для граничних станів другої групи.

#### **Конструктивні вимоги**

Для забезпечення несучої здатності, придатності до нормальної експлуатації і довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій окрім вимог, визначуваних розрахунком, слід виконувати конструктивні вимоги: з геометричних розмірів елементів конструкцій; з армування (вмісту і розташуванню арматури, товщині захисного шару бетону, анкерування і з'єднанням арматури); із захисту конструкцій від несприятливого впливу дій середовища.

#### **Армування**

Арматура, що розташована усередині перерізу конструкції, повинна мати захисний шар бетону (дотична відстань від поверхні арматури до відповідної грані конструкції), щоб забезпечувати:

- спільну роботу арматури з бетоном;
- захист арматури від зовнішніх дій (технологічних, температурних, вологості і так далі);
- можливість анкерування і стикування арматури;
- вогнестійкість і вогнезахист конструкцій.

Товщину захисного шару бетону слід приймати



залежно від призначення конструкції, характеру роботи арматури в конструкції і температури. Мінімальні значення товщини захисного шару бетону слід приймати не менше:

20 мм - для робочої арматури в монолітних конструкціях;

15 мм - для робочої арматури у збірних конструкціях;

на 5 мм менше - для конструктивної арматури, в порівнянні з необхідною товщиною захисного шару бетону для робочої арматури; у всіх випадках - не менше діаметру арматурного стрижня.

Мінімальна товщина захисного шару бетону має бути при температурі арматури:

від 50 до 100 °С включно ....1,5d;

від 100 до 300 °С включно ....2,0d;

від 300 °С включно ..... 2,5d.

#### **Вимоги, що вказуються в проектах**

У робочих кресленнях конструкцій або в пояснювальній записці до проекту мають бути вказані: найбільша температура нагріву конструкції при експлуатації, прийнята в розрахунку;

вид і клас бетону за гранично допустимою температурою застосування;

клас бетону за міцністю на стиск і необхідна міцність бетону при температурі під час експлуатації;

види (класи) арматури і марка жаростійкої сталі; вид зволоження бетону і його періодичність при експлуатації;

міцність бетону при відпустці збірних елементів підприємством-виробником;

способи обетонування стиків і вузлів, марка і склад розчину для заповнення швів у стиках елементів.

## **ВИСНОВКИ**

За наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України здійснено перевіряння СНиП 2.03.04-84. Ці норми і правила поширюються на проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що призначені для роботи в умовах систематичного впливу підвищених і високих технологічних температур. Запропоновано розробити нормативний акт на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН. Метою проекту є створення нового національного нормативного акту, що ґрунтується на сучасних досягненнях науки, техніки та технології, передовому вітчизняному та зарубіжному досвіді проектування і будівництва і в той же час використовує теоретичні і експериментальні дослідження актуалізованої редакції СНиП 2.03.04-84. Цей нормативний акт вкрай необхідний для розвитку національного виробництва

України.

Наведено основні завдання, що стосуються макету ДБН.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Некрасов К.Д. Огнеупорные бетоны, их свойства и применение / К.Д. Некрасов. – М.-Л.: Стройиздат, 1949. – С. 162-164.
2. Бельский В.И. и др. Строительство промышленных печей и труб из жаростойкого бетона / Бельский В.И. – М.: Госстройиздат, 1962. – 268 с.
3. Тотурбиев А.Б. Влияние поровой структуры на шлакоустойчивость жаростойкого цирконового бетона на полисиликатнатриевом композиционном вяжущем / Тотурбиев А.Б. // Бетон и железобетон. – 2011. – №4. – С. 10-13.
4. Гитман Г.Ф. Прочность жаростойкого бетона на сжатие при нагреве / Гитман Г.Ф., Малкина Т.Н., Милованов А.Ф. // в кн.: Жаростойкий бетон и железобетон и области их эффективного применения. – Волгоград: ВИИГХ, 1969.
5. Милованов А.Ф. Жаростойкий железобетон / Милованов А.Ф. - М.: Госстройиздат, 1963. – 234 с.
6. Десов А.Е. Кубиковая и призмная прочность бетона при повышенных температурах. Бетоны для атомных реакторов. Т.П. / Десов А.Е., Некрасов К.Д., Милованов А.Ф. // Американский институт бетона. Специальная публикация SP-34. Детройт—Мичиган, 1972.
7. Новое поколение огнеупорных бетонов, не содержащих цемента / [Р. фон дер Хейде, П.Фрич, Р. Кришаниц, П. Рампл] // Цемент и его применение. – 2012. – №1. – С. 200-204.
8. СП 27.13330.2011. Свод правил «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур». Актуализированная редакция СНиП 2.03.04-84.
9. Bénard C., Berekdar S., Duhamel C. & Rosset M.-M. (1989, 1990). Input-output nonlinear model of a coke oven battery. Control Applications of Nonlinear Programming and Optimization. — P. 95-99.
10. Choi S. & Krarti M. (1996). Slab heat loss calculation with non-uniform inside air temperature profiles. Energy Conversion and Management. – Vol. 37, Is. 9. – P. 1435-1444.
11. 98/03564 Technical trends in the redesign and construction of coke oven batteries and units for dry quenching of coke. Fuel and



Energy Abstracts. – September 1998. – Vol. 39, Is. 5. – P. 336.

12. Smolka J., Slupik L., Fic A., Nowak A.J. & Kosyrczyk L. (2015). CFD analysis of the thermal behaviour of heating walls in a coke oven battery. *International Journal of Thermal Sciences* – Vol. 104. – P. 186-193.
13. Исследования в области жаростойкого бетона: сборник научных трудов / НИИ бетона и железобетона; под ред. Б.А. Крылова. – Москва: Стройиздат, 1981. – 119 с.
14. Справочник коксохимика: в 6-ти томах. Том 5. Коксохимическое производство. Проектирование, сооружение и ввод в эксплуатацию. Экологическая и промышленная безопасность; ред. А.М. Кравченко, Л.Н. Борисова. - Харьков: ФЛП Данилко Н.С., 2016. – 552 с.

## REFERENCES

1. Nekrasov, K.D. (1049). *Ohneupornye betony, ykh svoystva i primeneniye* [Heat-resistant concretes, their properties and application]. – Moskva; Leningrad: Stroyizdat, 1949. – 164 p.
2. Bel'skiy V.Y. and other (1962). *Stroytel'stvo promyshlennykh pechey y trub yz zharostoykoho betona* [Building of industrial stoves and pipes from a heat-resistant concrete]. – M.: Hosstroyizdat. – 268 p.
3. Toturbiev A.B. (2011). *Vliyaniye porovoy struktury na shlakoustoychivost' zharostoykoho tsyrkonovoho betona na polysylykatnatryevom kompozytsyonnom vyazhushchem* [Influence of porous structure on slag stability of heat-resistant zircon concrete on polysilicate sodium composition astringent]. *Beton i zhelezobeton – Concrete and reinforced concrete.* – №4. – P. 10-13.
4. Hytman H.F., Malkyna T.N., Mylovanov A.F. (1969). *Prochnost' zharostoykoho betona na szhatye pry nahreve* [Durability of heat-resistant concrete on a compression at heating]. – V kn.: *Zharostoykiy beton y zhelezobeton y oblasti ykh efektyvnogo pryimeneniya.* – in book *Heat-resistant concrete and reinforced concrete and their effective application domains.* - Volhohrad, VYYHKh.
5. Mylovanov A.F. (1963). *Zharostoykiy zhelezobeton* [Heat-resistant reinforced concrete]. Moskva: Hosstroyizdat. – 234 p.
6. Desov A.E., Nekrasov K.D. & Mylovanov A.F. (1972). *Kubkovaya y pryzmennaya prochnost' betona pry povyshennykh temperaturakh. Betony dlya atomnykh reaktorov. T. II.* [Cube and prism durability of concrete at enhanceable temperatures. Concretes for atomic reactors. Vol. II]. *Amerykanskiy ynstitut betona. Spetsyal'naya publikatsiya* SP-34. – American Concrete Institute. Special publication. Detroit—Mychyhan.
7. R. fon der Kheyde, Frych P., Kryshchanyts R. & Rampl P. (2012). *Novoe pokoleniye ohneupornykh betonov, ne sodержashchykh tsementa* [New generation of heat-resistant concretes, not containing cement]. *Tsement y ego pryimeneniye – Cement and its application.* – № 1. – P. 200-204.
8. SP 27.13330.2011 *Svod pravyl Betonnye y zhelezobetonnye konstruksyy, prednaznachennyye dlya raboty v uslovyakh vozdeystviya povyshennykh y vysokikh temperatur.* Aktualizirovannaya redaktsiya SNyP 2.03.04-84 [A vault governed «Concrete and reinforce-concrete constructions intended for work in the conditions of influence of enhanceable and high temperatures». Actualized release SNyP 2.03.04-84.
9. Bénard C., Berekdar S., Duhamel C. & Rosset M.-M. (1989, 1990). *Input-output nonlinear model of a coke oven battery. Control Applications of Nonlinear Programming and Optimization.* — P. 95-99.
10. Choi S. & Krarti M. (1996). *Slab heat loss calculation with non-uniform inside air temperature profiles.* *Energy Conversion and Management.* – Vol. 37, Is. 9. – P. 1435-1444.
11. 98/03564 *Technical trends in the redesign and construction of coke oven batteries and units for dry quenching of coke.* *Fuel and Energy Abstracts.* – September 1998. – Vol. 39, Is. 5. – P. 336.
12. Smolka J., Slupik L., Fic A., Nowak A.J. & Kosyrczyk L. (2015). CFD analysis of the thermal behaviour of heating walls in a coke oven battery. *International Journal of Thermal Sciences* – Vol. 104. – P. 186-193.
13. *Yssledovaniya v oblasti zharostoykoho betona: sbornik nauchnykh trudov; pod red. B.A. Krylova* [Researches in area of heat-resistant concrete: collection of scientific works; under a release M.A. Krylova] / *НИИ бетона и железобетона– SRI of concrete and reinforced concrete.* Moskva: Stroyizdat, 1981. – 119 p.
14. *Spravochnik koksohymyky: v 6-ty tomakh. Tom 5. Koksohymycheskoe proyzvodstvo. Proektyrovaniye, sooruzheniye y vvod v ekspluatatsiyu. Ekologicheskaya y promyshlennaya bezopasnost'; red. A.M. Kravchenko, L.N. Borysova* [Reference book of cocschemist: in 6 volumes. Vol. 5. Cocs chemical production. Planning, building and putting into an operation. Ecological and industrial safety]; release A.M. Kravchenko, L.N. Borysova. - Khar'kov: FLP Danylko N.S., 2016. – 552 p.