

ДОПУСТИМИ ОТКЛОНЕНИЯ ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА СТОМАНОБЕТОННИ КОНСТРУКЦИИ

Лъчезар Хрисчев¹, Делян Тодоров², Кристиан Спасов³

GEOMETRIC TOLERANCES IN EXECUTION OF CONCRETE STRUCTURES

Lachezar Hrischev¹, Deljan Todorov², Kristian Spasov³

Abstract:

Reinforced concrete structures and their components must be within the geometric tolerances to avoid unacceptable effects in terms of mechanical resistance and stability during the construction and during the lifetime. This paper reviews the permissible geometrical tolerances, regulated in EN 13670 Execution of concrete and reinforced concrete constructions, the National annex to EN 13670 and Ordinance №3 for the control and acceptance of concrete and reinforced concrete structures. A comparison of some regulated tolerances, such as flatness, dimensions of the cross-section, displacement of the planes and the lines of their crossing, with respect to the wall and column, tolerances between the axes and other is made. An analysis of the requirements of the normative documents has been made, with specific summaries and conclusions.

Keywords:

Reinforced Concrete Structures, Elements, Geometric Tolerances.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изпълнението на бетонните и стоманобетонните работи включва няколко комплексни строителни процеса: кофриране на конструкциите; подготовка и монтиране на армировката в кофража; приготвяне и полагане на бетонната смес, в т.ч. уплътняване и отлежаване; декофриране и др. Неразделна част от дейностите по изпълнението са също тяхното контролиране и документирание. Съществен елемент на контрола при

¹ Лъчезар Хрисчев, доц. д-р инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: l.hrischev@abv.bg;

Lachezar Hrischev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Department „Construction Technology and Mechanization“, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: l.hrischev@abv.bg.

² Делян Тодоров, инж., студент ОКС Магистър, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: delqn_tod@abv.bg;

Deljan Todorov, Eng., Student, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: delqn_tod@abv.bg.

³ Кристиан Спасов, инж., студент ОКС Магистър, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: kristiyan.spasov93@gmail.com;

Kristian Spasov, Eng., Student, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: kristiyan.spasov93@gmail.com.

изпълнението и приемането на стоманобетонни конструкции е контрола на геометричните толеранси. Завършената конструкция трябва да бъде в границите на максимално допустимите отклонения, за да се избегнат недопустими влияния по отношение на механично съпротивление и устойчивост в рамките на експлоатационния период, експлоатационни характеристики по време на използването на конструкцията и др.

Към настоящия момент, изисквания към измерването и оценката на допустимите отклонения са регламентирани в БДС EN 13670 Изпълнение на бетонни и стоманобетонни конструкции [1], в националното приложение към БДС EN 13670 [2] и в Наредба №3 за контрол и приемане на бетонни и стоманобетонни конструкции [3]. Следва да се има предвид, че БДС EN 1992 Еврокод 2 е предназначен за използване съвместно с БДС EN 13670. Задължителна предпоставка, за осигуряване на конструкциите в рамките на експлоатационния период, е спазването на изискванията за изпълнение на строителните работи, дадени в БДС EN 13670 [4].

В статията са разгледани, сравнени и анализирани, част от допустими отклонения, регламентирани в действащите у нас нормативни документи, като акцента е поставен върху изискванията към монолитните стоманобетонни конструкции.

2. ДОПУСТИМИ ОТКЛОНЕНИЯ СЪГЛАСНО БДС EN 13670

2.1. Общи положения

Стандартът регламентира, че допустимото отклонение представлява допустимата алгебрична разлика между граничните стойности на даден размер и съответния сравнителен размер. Толерансът представлява разликата между горната и долната граница на размера. Той е абсолютна стойност без знак и обикновено се изразява като абсолютна стойност на „сумата от \pm допустимите отклонения”.

Ако има няколко различни изисквания, които се отнасят за дадено геометрично отклонение, се прилага най-строгият толеранс. Изискванията се отнасят за цялата конструкция. Когато в конструкцията са включени отделни компоненти, всяка междинна проверка на тези компоненти трябва да е подчинена на крайната проверка на завършената конструкция.

Стандартът не дава изисквания за съчетаването на конструктивните толеранси с конструктивни деформации. Допустимите отклонения са валидни, преди да започнат деформации, предизвикани от натоварване и дълговременна употреба, освен ако в проекта за изпълнение не е определено друго.

Толерансите за разположение в план се отнасят към вторични реперни линии в план. Толерансите за разположение по ниво се отнасят към вторични хоризонти, например реперни точки. Реперните линии в план и вторичните хоризонти следва да бъдат посочени в проекта за изпълнение

Завършената конструкция трябва да бъде в границите на максимално допустимите отклонения, за да се избегнат недопустими влияния по отношение на:

- механично съпротивление и устойчивост в етапа на изпълнение и през експлоатационния период;
- експлоатационни характеристики по време на използването на конструкцията и др.[1].

2.1.1 Осигуряване на механичното съпротивление и устойчивост, и изискваното ниво на безопасност на стоманобетонните конструкции

Гарантира се чрез прилагането на два типа толеранси – нормални и специални. Нормалните толеранси (толерианси клас 1), са основните граници за геометричните отклонения, които осигуряват конструкцията да удовлетворява проектните изисквания и

да постига изискванията за функционалност на строежа. Специални толеранси са всички, различни от нормалните. Толеранси клас 1 се приемат за нормални толеранси. При тяхното спазване се постигат проектните предпоставки на БДС EN 1992 и изискваното ниво на безопасност, и са свързани с частните коефициенти на материалите, дадени в т.2.4.2.4 на БДС EN 1992-1-1. Те се считат за съществени, за да се изпълни изискването за механично съпротивление и устойчивост на конструкции.

Специални толеранси (толеранси клас 2) би трябвало да се прилагат предимно с намалени коефициенти за материалите, посочени в приложение А на БДС EN 1992-1-1. В тези случаи обаче, в проекта за изпълнение трябва да се изисква документация, доказваща, че предпоставките, направени в конструктивния проект, са действително изпълнени в завършената конструкция.

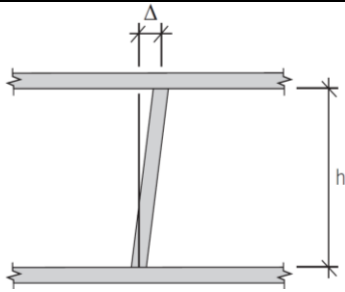
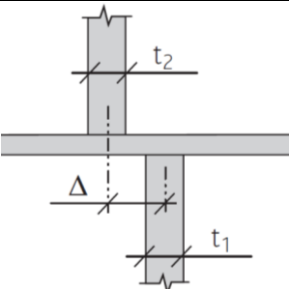
2.1.2 Осигуряване на експлоатационни характеристики по време на използването на конструкцията

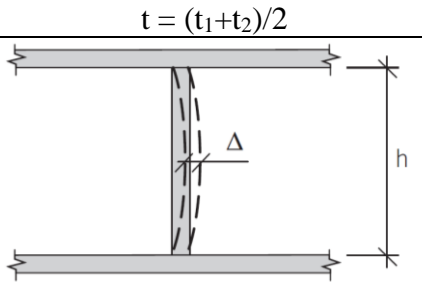
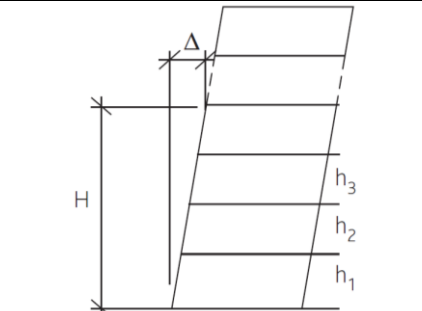
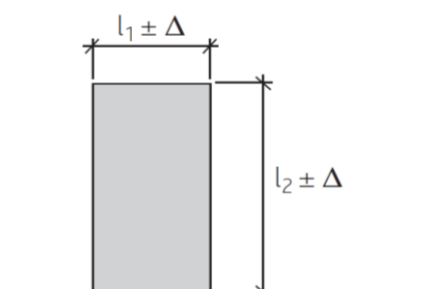
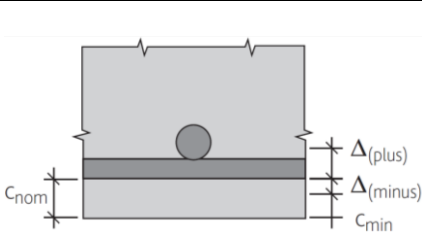
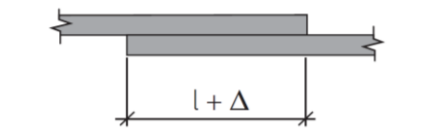
Осигуряването на експлоатационните характеристики, по време на използването на конструкцията, се постига чрез прилагане на стойностите, регламентирани в приложение G на БДС EN 13670. В проекта за изпълнение може да са дадени стойности за допустими геометрични отклонения по отношение на експлоатационни характеристики, но ако такива изрично не са посочени, следва да се прилагат толерансите, дадени именно в приложение G. Тези толеранси дават съвместимост по местоположение на експлоатационните характеристики. Приема се, че те се отнасят за геометрични величини, които оказват слабо влияние върху конструкцията.

2.2 Допустими отклонения за осигуряване на механичното съпротивление и устойчивост, и изискваното ниво на безопасност на стоманобетонните конструкции

БДС EN 13670 регламентира допустими отклонения за стени, колони, греди, плочи, както и изисквания към напречните сечения на стоманобетонните елементи, бетонното покритие и позициите на армировката. Някои характерни стойности са представени в таблица 1.

Таблица 1. Допустими отклонения за осигуряване на механичното съпротивление и устойчивост на стоманобетонните конструкции [1].

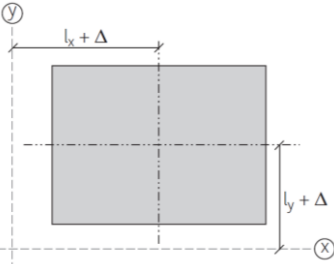
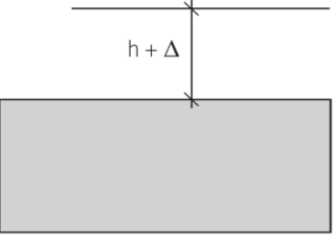
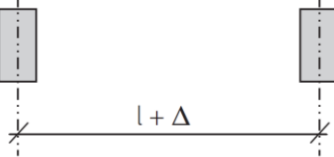
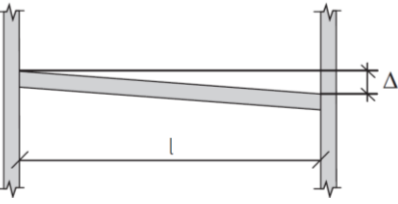
N	Вид на отклонението	Описание	Допустимо отклонение Δ
			Толеранс 1
1		Изместване от вертикалността на колони или стени на кое да е ниво $H < 10.0 \text{ m}$ $H > 10.0 \text{ m}$	По-голямото от 15 mm или $h/400$ 25 mm или $h/600$
2		Отклонение между осите	По-голямото от $t/30$ или 15 mm, но не повече от 30 mm

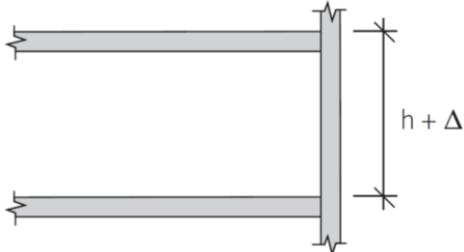
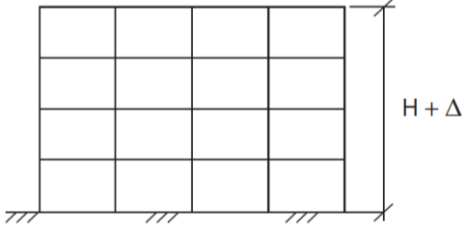
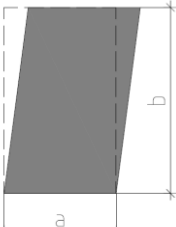
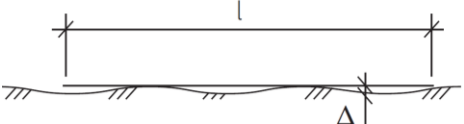
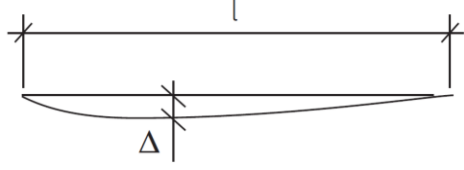
3		<p>Огъване на колона или стена между два съседни етажа</p>	<p>По-голямото от $h/300$ или 15 mm, но не повече от 30 mm</p>	
4	 <p>Σh_i - сума от височината на разглежданите етажи</p>	<p>Положение на колона или стена на кое да е етажно ниво, спрямо вертикалната линия през зададен център на нивото на основите за многоетажна конструкция</p> <p>n е броят на етажите, където $n > 1$</p>	<p>По-малкото от 50 mm или $\Sigma h_i / (200 n^{1/2})$</p>	
			Толеранс 1	Толеранс 2
5		<p>Размери на напречното сечение (приложимо при греди, плочи и колони)</p> <p>$l_i < 150 \text{ mm}$ $l_i = 400 \text{ mm}$ $l_i > 2500 \text{ mm}$</p> <p>с линейна интерполация за междинните стойности</p>	<p>± 10 mm ± 15 mm ± 30 mm</p>	<p>± 5 mm ± 10 mm ± 30 mm</p>
6	 <p>Изискване $C_{\text{nom}} + \Delta C_{(\text{plus})} > C > C_{\text{nom}} - [\Delta C_{(\text{minus})}]$</p>	<p>Положение на обикн. армировка</p> <p>$\Delta C_{(\text{plus})}$ $h \leq 150 \text{ mm}$ $h = 400 \text{ mm}$ $h \geq 2500 \text{ mm}$</p> <p>с линейна интерполация за междинни стойности</p>	<p>+ 10 mm + 15 mm + 25 mm</p>	<p>+ 5 mm + 10 mm + 20 mm</p>
7	<p>$C_{(\text{minus})}$ = изисквано минимално покритие C = номинално покритие</p>	<p>$\Delta C_{(\text{minus})}$</p>	<p>ΔC_{dev} (10mm)</p>	<p>ΔC_{dev} (10mm)</p>
8		<p>Снаждане на армировка със застъпване</p> <p>l = дължина на застъпване</p>	<p>- 0.06 l</p>	

2.3. Допустими отклонения за осигуряване на експлоатационните характеристики по време на използването на конструкцията

В стандарта са регламентирани допустими отклонения, отнасящи се за фундаменти, стени, колони, греди, плочи, както и изисквания към напречните сечения, толеранси на повърхности и ръбове, отвори и вложки. Някои характерни стойности са представени в таблица 2.

Таблица 2. Допустими отклонения за осигуряване на експлоатационните характеристики по време на използването на конструкцията [1].

N	Вид на отклонението	Описание	Допустимо отклонение Δ
			Толеранс 1
1	 <p>x (y) - вторична реперна линия по направление x (y)</p>	<p>Положение в план, отнесено към вторични реперни линии</p> <p>1/ за основи (фундаменти)</p> <p>2/ за колони</p> <p>3/ за стени</p>	<p>$\pm 25 \text{ mm}$</p> <p>$\pm 25 \text{ mm}$</p> <p>$\pm 25 \text{ mm}$</p>
2		<p>Положение във вертикално направление на основа (фундамент), отнесено към вторичен нивелачен репер</p>	<p>$\pm 20 \text{ mm}$</p>
3		<p>Светло разстояние между съседни колони или стени</p>	<p>По - голямото от $\pm 20 \text{ mm}$ или $L/600$, но не повече от 60 mm</p>
4		<p>Наклон на греда или плоча</p>	<p>$\pm (10 l/500) \text{ mm}$</p>

5		<p>Разлика от проектното разстояние между нивата на съседни плочи, мерено в точките на подпиране</p>	<p>± 20 mm</p>
6		<p>Ниво на най-горния етаж, мерено към вторичен реперен хоризонт</p> <p>при $H \leq 20m$</p> <p>при $H > 20m$</p>	<p>±20 mm</p> <p>±0,5(H+20), но не повече от 20 mm</p>
7		<p>Скосеност на напречното сечение</p>	<p>По-голямото от ± a/25 или ± b/25, но не повече от ± 30 mm</p>
8	<p>Кофрирани или загладени повърхности:</p> <p> общо</p> <p> местно</p> <p>Некофрирани повърхности:</p> <p> общо</p> <p> местно</p> 	<p>Равнинност</p> <p>$l = 2.00 \text{ m}$</p> <p>$l = 0.2 \text{ m}$</p> <p>$l = 2.00 \text{ m}$</p> <p>$l = 0.2 \text{ m}$</p>	<p>9 mm</p> <p>4 mm</p> <p>15 mm</p> <p>6 mm</p>
9		<p>Отклонения на ръб от права линия</p> <p>За дължини:</p> <p>$l < 1.00 \text{ m}$</p> <p>$l > 1.00 \text{ m}$</p>	<p>± 8 mm</p> <p>± 8 mm/m, но не повече от 20 mm</p>

3. ДОПУСТИМИ ОТКЛОНЕНИЯ СЪГЛАСНО НАРЕДБА №3 ЗА КОНТРОЛ И ПРИЕМАНЕ НА БЕТОННИ И СТОМАНОБЕТОННИ КОНСТРУКЦИИ И БДС EN 13670/NA

3.1. Общи положения

В Наредба №3 за контрол и приемане на бетонни и стоманобетонни конструкции са регламентирани допустимите отклонения при изпълнение на кофражни работи, в т.ч. допустимите отклонения при изпълнението на кофражи и скелета, отклоненията от размерите и разположението на елементите на заварените съединения и на вбетонираните части, при монтажа на армировката, монтажни работи при конструкции от готови бетонни и стоманобетонни елементи, както и изискванията към допустимите отклонения към завършените вече стоманобетонни конструкции и техните елементи. Всички те се прилагат, когато в проекта няма конкретно предписани допустими отклонения. Със спазване изискванията на наредбата се приема, че изпълнението на бетонните и стоманобетонните конструкции осигурява надеждност и безопасна експлоатация на сградите и съоръженията [3].

В националното приложение към БДС EN 13670 също са дадени конкретни указания за геометрични толеранси. Те имат отношение към приложение G и са свързани с осигуряването на експлоатационните характеристики, по време на използването на конструкцията. Дадени са конкретни национални изисквания към допустимите отклонения при изпълнение на кофражни работи, армировъчни и монтажни работи, и изисквания към допустимите отклонения към завършените вече стоманобетонни конструкции.

3.2 Стойности на допустимите отклонения

Някои характерни стойности, отнасящи се до изпълнението на монолитни стоманобетонни конструкции, са представени в табл.3 и табл.4.

Таблица 3. Изисквания към изпълнение на армировъчни работи при армиране на стоманобетонни конструкции и елементи [2,3]

Предмет на изискването	Доп. отклонение
1. Носещи пръти в равнината на редовете за: а) колони, греди и дъги б) плочи, стени и фундаменти в) елементи с височина над 1000 mm	± 10 mm ± 20 mm ± 30 mm
2. Носещи пръти по височина на сечението: а) до 100 mm б) от 100 до 1000 mm в) над 1000 mm	± 3 mm ± 5 mm ± 20 mm
3. Стремена	± 10 mm
4. Разпределителни пръти за: а) плочи, стени и фундаменти б) елементи с височина над 1000 mm	± 25 mm ± 40 mm
5. Огънати пръти - изместване на огъвката	± 10 mm
6. Бетонно покритие	от 0 до +5 mm

Таблица 4. Изисквания към изпълнението на готовите стоманобетонни конструкции и елементи [2, 3]

Предмет на изискването	Допустимо отклонение
1. Отклонение на плоскостите и линиите на тяхното пресичане спрямо вертикалата или от проектния наклон по цялата височина на конструкцията: а) за фундаменти б) за стени и колони, поддържащи монолитни подови и покривни конструкции в) за стени и колони, поддържащи сглобяеми гредови конструкции г) за стени на греди и съоръжения, изпълнени с едроразмерен кофраж	± 20 mm ± 15 mm ± 10 mm 1/1000 от h, но не повече от 50 mm
2. Местни отклонения от проектната повърхност на елемента при проверка на конструкцията с рейка с дължина 2 m, освен опорните повърхности	± 5 mm
3. Отклонение в дължината при светлия отвор на елемента	± 20 mm
4. Отклонение в размерите на напречното сечение на елемента	от -3 до +6mm
5. Отместване на геометричните оси на конструкцията: а) за фундаменти б) за стени и колони в) за греди и дъги	± 15 mm ± 8 mm ± 10 mm

4. АНАЛИЗ НА ИЗИСКВАНИЯТА НА НОРМАТИВНИТЕ ДОКУМЕНТИ

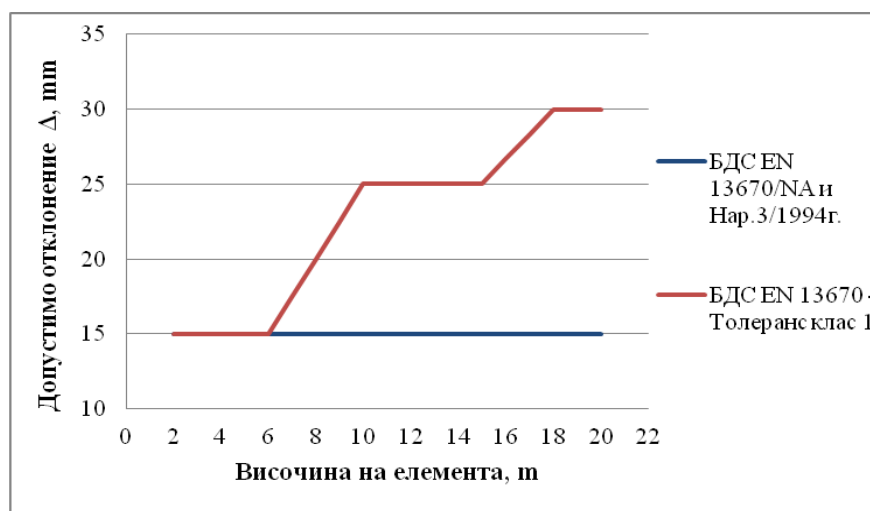
Предвид на това, че БДС EN 1992 е предназначен за използване съвместно с БДС EN 13670, то при изпълнението на конструкции, проектирани съгласно Еврокод 2, е необходимо да се съблюдават изискванията на БДС EN 13670 и БДС EN 13670/NA. При проектиране на стоманобетонни конструкции съгласно Норми за проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции (НПБСК), следва да се прилагат изискванията на Наредба №3 за контрол и приемане на бетонни и стоманобетонни конструкции.

Извършения преглед, на действалите в близкото минало правила за изпълнение и приемане на строителните и монтажните работи [5,6] показва, че няма генерална разлика между изискванията за допустими отклонения регламентирани в тях и тези в Наредба №3. От друга страна, геометричните толеранси регламентирани в БДС EN 13670/NA се припокриват напълно с допустимите отклонения, посочени в Наредба №3 за контрол и приемане на бетонни и стоманобетонни конструкции. Прави впечатление също, че националното приложение към БДС EN 13670 не е посочен класът на толеранса. Това респективно изисква неговото изрично упомоане, в проекта за изпълнение.

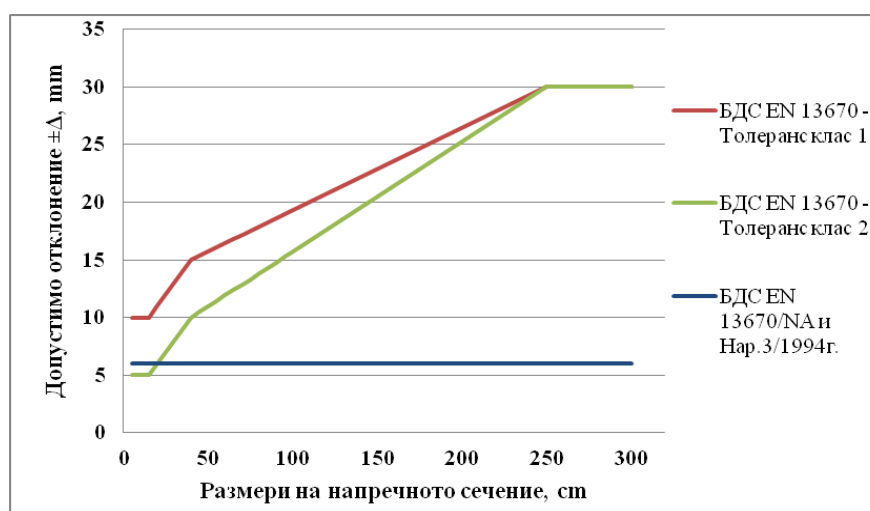
Анализирайки изискванията на действащите нормативни документи може да се каже, че в основния текст на БДС EN 13670 са регламентирани по-голям брой допустими отклонения по отношение геометрията на изпълнените стоманобетонни елементи, спрямо тези, дадени в БДС EN 13670/NA и Наредба №3/1994г. От друга страна, в БДС EN 13670/NA и Наредба №3/1994г. много по-подробно са посочени изискванията към изпълнение на армировъчни работи при армиране на стоманобетонни конструкции и елементи.

Допустими отклонения по отношение на местни отклонения, отклонения в размерите на напречното сечение, отместване и отклонение от геометричните оси на

конструкцията, изместване от вертикалността на колони или стени и бетонно покритие на армировката са регламентирани и в основния стандарт, и в националното приложение към него. Предписанията за допустими отклонения обаче, дадени в БДС EN 13670/NA и Наредба №3/1994г. са по-строги, спрямо тези дадени в основния текст на БДС EN 13670. По отношение на изискванията за бетонното покритие на армировката и отклоненията в размерите на напречното сечение на елемента, стойностите дадени в националното приложение са по-строги от тези, отнасящи се за Толеранси клас 2, дадени в основния текст на стандарта (вж. фиг.1 и фиг.2).



Фигура 1. Допустими отклонения за изместване от вертикалността на колони или стени



Фигура 2. Допустими отклонения към бетонното покритие на армировката

Допустими отклонения по отношение на светло разстояние между съседни колони или стени, огъване на колона или стена между два съседни етажа, наклон на греда или плоча, скосеност на напречното сечение, ниво на най-горния етаж, мерено към вторичен реперен хоризонт и др. са регламентирани само в БДС EN 13670, но не и в Наредба № 3.

Разглеждайки изискванията регламентирани в БДС EN 13670, БДС EN 13670/NA и Наредба №3/1994г., (вж. табл. 1 - 4) прави впечатление, че в основния текст на стандарта и в националното приложение към него, за аналогични допустими отклонения се използват различни описания. Това би могло да доведе до известни затруднения, особено при контрола по ефективното прилагане на изискванията на отделните нормативни документи. В европейската практика са налице примери за въвеждане както на по-строги, така и на

допълнителни национални изисквания към допустимите отклонения [7]. Същите обаче са в съответствие с възприетите в EN 13670 постановки, термини и определения.

Цялостният преглед на Наредба №3/1994г. показва, че се използват термини, които не съответстват на терминологията регламентирана и утвърдена в настоящата строителна практика. Такива например са записите, свързани с необходимостта от представяне на „сертификати“ за „строителните материали“, задължения на „изпълнителя“ и „собственика (инвеститора)“ и др. Също така, в наредбата са регламентираны изисквания за съставяне на редица актове, които обаче се припокриват като съдържание с някои от актовете по Наредба № 3/2003 г. за съставяне на актове и протоколи по време на строителството. В тази връзка е необходим цялостен преглед на наредбата, с отчитане на съвременните тенденции и промени.

5. ИЗВОДИ

Въз основа на извършения анализ на действащите нормативни документи, свързани с приемането и оценяването на изпълнените стоманобетонни конструкции, могат да се формулират следните основни изводи:

1. При изпълнението на конструкции, проектирани съгласно Еврокод 2, е необходимо да се съблюдават изискванията на БДС EN 13670 и БДС EN 13670/NA. При проектиране на стоманобетонни конструкции съгласно НПБСК, следва да се прилагат изискванията на Наредба №3 за контрол и приемане на бетонни и стоманобетонни конструкции;
2. В основния текст на БДС EN 13670 са регламентираны по-голям брой допустими отклонения, по отношение геометрията на изпълнените монолитни стоманобетонни елементи и конструкции, спрямо тези, дадени в БДС EN 13670/NA и Наредба №3/1994г.
3. В националното приложение към стандарта и Наредба №3/1994 г., много по-подробно са посочени изискванията към изпълнение на армировъчни работи при армиране на стоманобетонни конструкции и елементи;
4. Предписанията за допустими отклонения, дадени в БДС EN 13670/NA и Наредба №3/1994 г. са по-строги, спрямо тези дадени в основния текст на БДС EN 13670;
5. Необходим цялостен преглед на наредбата, с оглед нейното хармонизиране с актуалните нормативни изисквания, термини и определения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] БДС EN 13670:2009 Изпълнение на бетонни и стоманобетонни конструкции.
- [2] БДС EN 13670:2009/NA:2015 Изпълнение на бетонни и стоманобетонни конструкции. Национално приложение (NA).
- [3] Наредба №3 от 25 ноември 1994г. за контрол и приемане на бетонни и стоманобетонни конструкции.
- [4] БДС EN 1992-1-1 Еврокод 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции. Част 1-1: Общи правила и правила за сгради.
- [5] Правилник за изпълнение и приемане на строителните и монтажните работи, раздел III "Бетонни и стоманобетонни работи", Бюлетин за строителство и архитектура, кн. 2, 1981.
- [6] Правилник за извършване и приемане на строителните и монтажните работи, раздел "Бетонни и стоманобетонни работи", 1970.
- [7] UK Concrete Structures Group, National Structural Concrete Specification, Fourth edition, Surrey, UK, 2010.