

**История на българските  
норми за сеизмично  
изследване на  
конструкциите  
и преход към  
конструктивна система  
Еврокодове**

Проф.Никола Игнатиев, проф.Петър Сотиров

Земетресенията не убиват хората!  
Убиват ги сградите!



Началото на създаването на законна база за строителство и проектиране в Княжество България датира от 1881 година. Първите „Правила за строеж на частни здания в градовете на Българското Княжество”[1] след освобождението на България са били съставени от Управлението на Обществените сгради към Министерството на Вътрешните дела. Те са били одобрени от княз Александър I с Указ от 14 август 1881 год. В тези правила са дадени изисквания и решения на градоустройствени и технически случаи като: улични, водоснабдителни и канализационни мрежи, решения на фасадите към улицата и двора, разпределение и дебелини на зидове от камък и тухла и др.

До двадесетте години на 20-ти век основните носещи конструкции на сградите са комбинирани от дървени подови и покривни конструкции и носещи зидани с тухли или камък външни и вътрешни стени.

Проектирането и строителството на сградите и инженерните съоръжения са се изпълнявали по норми и правилници на други европейски държави, по избор от държавните органи и практикуващите инженери и техници. По това време навлиза все по-масово стоманобетонът като носещ конструктивен материал. През 1927 г. е издаден „Правилник за проектиране на железобетонните строежи в Царство България”. За ползване са приети утвърдените в Италия през 1927 год. с кралски декрет „Технически и хигиенически норми за земеръсните места”. Сеизмичното райониране е направено за две сеизмични степени, наречени категории. Сеизмичните сили са статично приложени върху масите на конструкцията хоризонтални сили, действащи по двете главни направления.

Сеизмичните коефициенти са  $1/8$  и  $1/6$ , с които се умножават силите на тежестта и вертикалните сили от натоварването. Нормирани са допустимите максимални височини на сградите и минималните размери на колоните и армировката.

От 1944 г. до 1989 г. нормите за проектиране на строителните конструкции се разработвани в съответствие с нормите на Съветския съюз (СНИП). В повечето от случаите те са превод от руски език с изменения и допълнения в българската редакция и с приложени карти за сеизмично райониране на България.

Ще разгледаме българските нормативни документи за проектиране и строителство на сградите и съоръженията в земетръсните райони на страната в тяхното последователно развитие във времето.

**1. ПРАВИЛНИК за проектиране и строеж на сгради и инженерни съоръжения в земетръсните райони на България, 1947 г. (ППССИСЗРБ-47) [2].** В този Правилник са дадени изискванията за сградите и инженерните съоръжения, които се строят в земетръсни райони от VII, VIII и IX степен по скалата за интензивност на сеизмичното въздействие на Форел-Меркали за територията на България. Към правилника е приложена карта за сеизмично райониране на България и списък на сеизмичните райони. Правилникът е структуриран в четири раздела: I. Общи бележки; II. Общи изисквания и указания; III. Жилищни, обществени и промишлени сгради и IV. Инженерни съоръжения. Всяка една от тези основни части е разделена на глави (1 + 14 + 14 + 8). Структурата на правилника се е запазила и в следващите нормативи с някои изменения и допълнения, съобразени с развитието на земетръсното инженерство.

Натоварването от сеизмичните въздействия се взема в изчисленията чрез статично приложени земетръсни хоризонтални сили в центъра на тежестта на всеки конструктивен елемент, наречени „инерчни сили, които се пораждат при земетресенията”. Изчислителните стойности на тези сили са нормирани като части от вертикалните сили, приложени в същия център, съставени от собственото тегло на съответните елементи и вертикалното натоварване върху тях. Коефициентите, с които се умножават вертикалните сили за конструкциите в земетръсни райони от VII, VIII и IX степен, съответно са:  $1/40 = 0,025$ ;  $1/20 = 0,050$  и  $1/10 = 0,100$ .

Следващите норми са издадени съответно през 1957г. [3], 1961г. [4] и 1964г. [5]. Нормите от 1964г. се прилагат до 1987г. с частични изменения и допълнения през 1972г. и 1977г.

Нормите от 1987г. – „Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони” (НПССЗР-87) [6] са разработени от колектив от специалисти, от НИСИ, БАН и ВИАС(УАСГ), в който са участвали и авторите на този доклад. Те се различават значително от публикуваните по същото време съветски норми. Като основа за разработването на тези норми са използвани издадените в Калифорния примерни норми АТС-3-06: Tentative Provisions for Development of Seismic Design Regulations for Buildings, 1978. Издадената през 2007 г. Наредба 2 за проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия (Наредба 2/2007) [7] е актуализиран вариант на Нормите от 1987г. с частични изменения и допълнения, заимствани от Еврокод 8 (БДС EN 1998-1). Следващата редакция на Наредба 2/2007 е издадена през 2012 г. [8].

**2. Правилникът за проектиране и строеж на сгради и инженерни съоръжения в земетръсните райони на НРБ от 1957г.(ППССИСЗР-57) [3].** Тук е въведена „интернационалната динамична скала“, като картата за сеизмично райониране е наречена „Сеизмична карта на България“. Дадени са изискванията, на които трябва да отговарят сградите и съоръженията, които се строят в земетръсни райони от VI, VII, VIII и IX степен, съгласно приложената сеизмична карта.

Натоварването от сеизмичните въздействия се взема в изчисленията както в Правилника от 1947 г. чрез статично приложени земетръсни хоризонтални сили в центъра на тежестта на всеки конструктивен елемент. Изчислителните стойности на инерционните сили  $Z$  съгласно (ППССИСЗР-57) се определят по формула (1):

$$Z = K \cdot Q \quad (1),$$

където:  $K$  е сеизмичен коефициент за района, в който попада строителният обект;

$Q$  е собствено тегло на елемента и вертикалните товари върху него.

За разлика от Правилника от 1947 г, където сеизмичните коефициенти имат една единствена стойност за всяка сеизмична степен, в Правилника от 1957 г. те са в зависимост и от характеристиките на почвата под обекта. Като обобщена характеристика на почвата е прието допустимото натоварване на почвата (допустимо напрежение в  $\text{kg/cm}^2$ ). Това е първата стъпка за отчитане на влиянието на земната основа върху сеизмичното въздействие.

И в двата норматива (от 1947 г. и от 1957 г.) се приема, че изчислените инерционни сили по формула (1) за най-горния край на високи сгради и съоръжения са два пъти по-големи от тези за нивото на терена, за да се вземе под внимание увеличаването на инерционните сеизмични сили по височина от динамичното им реагиране.

В разгледаните правилници са дадени нормативни изисквания, както за общите планировъчни решения с минимални или максимални геометрични размери на сградите (максимални височини и брой на етажите, максимални разстояния между противоземетръсните стени и рамки, минимална широчина на противоземетръсните фуги, максимални разстояния между тях, минимална широчина между отворите на стени и др.), така и за характеристики свързани с носещата способност на конструктивните елементи (минимална якост на материалите, от които са изпълняват носещите конструкции). Разгледани са подробно конструктивните изисквания за основите, носещите стени, скелетите и тяхното изпълнение, противоземетръсните пояси, щурцовете, балконите и терасите, стълбищата и преградните стени, подовите конструкции и покривите. Дадени са общите и конструктивните изисквания за някои инженерни съоръжения като: мостове, подпорни стени, водоснабдяване и канализация и др.

**3. Правилник за антисейзмично строителство от 1961 г (ПАС-61) [4].** Съгласно приложената карта за сейсмично райониране на НР България сейсмичните територии са разделени на три района, означени като I, II и III район. Тези цифри са условно приети и не са свързани, с която и да е известна скала за интензивност на сейсмичното въздействие.

В този правилник освен прилагането на статическия метод за определяне на сейсмичните сили е въведен и динамичният метод. Във формулата за определяне на хоризонталните сейсмични сили (1) на Правилника от 1957 г. по статическия метод е добавен нов коефициент  $\alpha$ :

$$Z_k = \alpha K_c Q_k \quad (2)$$

Коефициентът  $\alpha$  (със стойности от 1.3 до 0.67) отчита влиянието на конструктивната ситема и височината на сградата или съоръжението върху сейсмичните сили.

Формула (2) не се прилага за комини, мачти, кули и скелетни сгради с отношение на височината към широчината по-голямо от 5 и за всички едноетажни скелетни конструкции, при които скелетът носи всички вертикални и хоризонтални сили. Сеизмичните сили за тях се изчисляват по динамичния метод:

$$Z_k = \beta \eta_k K_c Q_k \quad (3)$$

където:

$\beta$  е динамичен коефициент, който е функция на периода на свободните трептения  $T$  на динамичен модел на сградата или съоръжението; Той се приема не по-малък от 0,6 и не по-голям от 3,0; Приети са две зависимости за  $\beta(T)$ :

$\beta = 1,6 / T$  за високи комини, кули, мачти и подпори на високи мостове и

$\beta = 0,9 / T$  за корави съоръжения и сгради;

$\eta_k$  е коефициент на формата на трептене, получен при динамичен анализ на модела на конструкцията чрез разделяне на реагирането по форми на трептене.

Сеизмичният коефициент  $K_s$  е нормиран за трите сеизмични района (I, II и III). Влиянието на земната основа върху сеизмичното въздействие е отразено в табличен вид във функцията от характеристиките на почвата на строителната площадка. Строителните почви са разделени в 6 групи според название, плътност влажност и консистенция, за разлика от ППСИСЗР-57, където класифицирането е направено според допустимото натоварване на почвата.

В този правилник (ПАС-61) освен хоризонталните сеизмични сили са нормирани и вертикални сеизмични сили, които действат върху балкони, козирки и други издадени части. Тяхната стойност е пет пъти по-голяма от хоризонталните сеизмични сили при същите стойности на  $Q$ .

За да се намали сеизмичният риск на сгради и съоръжения от общонационално значение е прието увеличаване на изчислителната им сеизмичност.

#### **4. Правилникът за строителство в земетръсни райони от 1964 г.(ПСЗР-64) [5]** е прилаган от 1964 г. до 1987 г.

През този период строителството на жилищни, обществени и промишлени сгради е много интензивно. Конструкциите им са изчислявани съгласно този норматив.

От гледна точка на развитието на земетръсното инженерство Правилникът от 1964 г. включва съществени нови постановки, прилагащи се и до днес в съвременните нормативни документи. Сеизмичните сили се определят само по динамичния метод.

Картата за сеизмично райониране в нормите от 64 г. е дадена в интензивност на сеизмичното въздействие по международната сеизмична скала на Медведев-Шпонхоер-Карник (MSK-64). Изчисляването на хоризонталната инерционна сеизмична сила  $S_k$ , действаща в равнината на модела на конструкцията върху концентрирана маса с тегло  $Q_k$  в точка  $k$ , става по следната зависимост:

$$S_k = \psi \beta \eta_k K_c Q_k \quad (4)$$

В сравнение с формула (3) от Правилника от 1961 г в тази формула (4) е прибавен коефициентът  $\psi$ , отчитащ влиянието на затихването на трептенията на конструкцията върху сеизмичните сили. Нормирани са три стойности:  $\psi = 0,5$  – за корави сгради с монолитен ст. б. скелет;  $\psi = 1,0$  – за тухлени сгради, безскелетни сгради със шайби и други обикновени корави съоръжения;  $\psi = 1,5$  – за гъвкави съоръжения с неголямо затихване.

Сеизмичният коефициент  $K_c$  съответства на сеизмичната степен (VII, VIII и IX степен), за която трябва да се осигури сградата. Стойностите на  $K_c$  са дадени в таблица и зависят от групата строителна почва под фундаментите. Строителните почви са класифицирани в четири групи според зърнометричен състав, плътност и консистенция съгласно действащите стандарти.

Динамичният коефициент  $\beta$  е приет само по зависимостта  $\beta = 0,9 / T$ . В измененията от 1972 г. тази формула става  $\beta = 0,7 / T$ , като максималната и минималната стойност на  $\beta$  се променят от  $\beta_{\max} = 3,0$  на  $\beta_{\max} = 2,4$  и съответно от  $\beta_{\min} = 0,6$  на  $\beta_{\min} = 0,8$ . В Правилника от 1964 г. са дадени за първи път и нормативни изисквания за хидротехническите съоръжения.

### **5. Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони от 1987 г. (НПССЗР-87) [8]**

Съдържанието на тези норми има същата структура както на разгледаните до тук правилници. Те отразяват съвременното ниво на знания в областта на сеизмичното инженерство. Трябва да се отбележи, че тук са въведени редица нови постановки и нови методи за проектиране на конструкциите за сеизмично въздействие.

Картата за сеизмично райониране е съществен документ за сеизмичното осигуряване на сградите и съоръженията. До 1977 год. картите са разработвани на сеизмо-статичен принцип, т.е. на базата на станали земетресения. Картата за сеизмично райониране, приложена към НПСЗР-87 има прогностичен характер. Тя е разработена за максималните стойности за интензивност на сеизмичното въздействие за сеизмичните райони на територията на страната при период на повторемост 1000 г. За всеки район с интензивност VI, VII, VIII и IX степен са дадени съответни максимални стойности на ускоренията чрез сеизмичния коефициент  $K_c$  в части от земното ускорение  $g$  (0,05, 0,10, 0,15 и 0,27).

Хоризонталните сеизмични сили за равнинни модели на конструкцията в две ортогонални направления по главните оси на сградите и съоръженията се определят по формулата:

$$E_{ik} = C R K_c \beta_i \eta_{ik} Q_k \quad (5)$$

В сравнение с формула (4) от ПСЗР-64 тук е отпаднал коефициентът  $\psi$ , отчитащ влиянието на затихването на трептенията на конструкцията върху сеизмичните сили, но са добавени още два нови коефициента:  $C$  - коефициент на значимост и  $R$  - коефициент на реагиране.

Съществена новост в НПСЗР-87 е въвеждането на коефициент на реагиране -  $R$ . Той отразява редуцирането на сеизмичните сили от развиването на пластични деформации в различните конструктивни системи.

Стойностите му за различните видове конструкции са по-малки от 1,0 и варират от 0,20 до 0,50.

Сеизмичният коефициент  $K_c$  е дефиниран като отношение на нормираното изчислително ускорение на сеизмичното въздействие за съответната сеизмична степен към земното ускорение. В картата за сеизмично райониране са записани стойностите на  $K_c$  за всяка сеизмична степен. По принцип те са различни от нормираните стойности на  $K_c$  в ПСЗР-64 и са получени от анализа на записаните голям брой акселерограми при силни земетресения.

Интензивност по MSK-64		VII степен	VIII степен	IX степен
K <sub>c</sub> (64г.)	Почви група 1	-	-	0,050
	Почви група 2	-	0.033	0,067
	Почви група 3	0.025	0.050	0,100
	Почви група 4	0.033	0.067	0,133
K <sub>c</sub> (87г.)		0.10	0.15	0,27

Съществена разлика между НПСЗР-87 и предишните нормативи е, че сеизмичният коефициент  $K_s$  не зависи от характеристиките на земната основа, а динамичният коефициент  $\beta$  зависи. Той е различен за трите групи почви:

1. За I група :  $0,8 \leq \beta_i = 0,9 / T_i \leq 2.5$

2. За II група :  $0,8 \leq \beta_i = 1,2 / T_i \leq 2.5$

3. За III група :  $1,0 \leq \beta_i = 1,6 / T_i \leq 2.5$

В НПСЗР-87 разрезните усилия в конструктивните елементи при собствен период на първата форма на трептене  $T_1 > 0,4$  s на равнинен модел на конструкцията във вертикална равнина се определят с отчитане най-малко на първите три собствени форми на трептене.

Освен изчисляването на конструкциите за носеща способност са нормирани и еластичните междуетажните премествания. Отчитат се и допълнителните усилия от вертикалните товари, вследствие на хоризонталните премествания на вертикалните конструктивни елементи, така нареченият  $P - \Delta$  ефект.

Нормирана е широчината на противоземетръсните фуги и минималните разстояния между тях. Изчислените премествания на две съседни сгради в областта на фугите включват пластичните деформации чрез коефициентите им на реагиране. Представеният в "Осигуряване на сградите за сеизмични въздействия, КИИП, Инженерен форум, № 6, 2012 г." [11] сравнителен анализ на сеизмичните сили изчислени по ПСЗР-64 и съответно по НПСЗР-87 показва, че в повечето от разгледаните случаи изчислените по нормите от 1964 г. сеизмични сили са по-големи от изчислените по нормите от 1987 г. Това дава основание да се смята, че сградите проектирани след 1964 г по действащите норми (ПСЗР-64) са осигурени за сеизмични въздействия и не трябва да се класифицират като неосигурени, както е записано в допълнителните разпоредби на Наредба № 2 от 2007 г. и на Наредба № РД -02-20-2 от януари 2012 г.

При оценка на сеизмичното поведение на сградите и съоръженията по нормите от 1964 г. и от 1987 г. трябва да се вземе под внимание, че изискванията по отношение на оразмеряването и конструирането на носещите елементи в последните са по-строги. Независимо от това, че с коефициента на реагиране в нормите от 1987 г. се отчита влиянието на пластичните деформации върху реагирането на различните конструктивни системи, все още проектантът не определя къде да се образуват пластични зони и не ги проектира така, че именно в тези зони да се реализират пластичните деформации. Капацитивният метод на проектиране не е включен. Това е следващ етап на развитие, който е отразен в европейските норми за проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия – Еврокод 8.

Конструктивните изисквания в НПССЗР-87 са разширени и прецизирани. Натрупаният опит и знания в областта на земетръсното инженерство са намерили място в този норматив.

Включени са изисквания и към новите конструктивни системи, които не са прилагани до 1964 г.

Конструктивните изисквания за сградите и съоръженията са представени в осем раздела обхващащи: Фундаменти и сутеренни стени; Стоманобетонни конструкции; Скелетни сглобяеми и монолитни сгради; Едропанелни сгради и сгради с монолитно излети стоманобетонни носещи стени; Сгради с носещи зидани конструкции; Предварително напрегнати стоманобетонни конструкции; Стоманени конструкции. Много полезни за проектиране на стоманобетонните конструкции за сеизмични въздействия са систематизираните и приведени в приложиние № 4 таблици и фигурите към тях за конструктивните параметри на стоманобетонни греди, колони и шайби.

**6. Наредба № 2 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони, 2007 г. [9].** По принцип тази Наредба трябва да представлява преход от действащите до този момент Норми от 1987 г. към Европейските норми за проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия (Еврокод 8). Първият вариант на наредбата е разработен като изменения и допълнения на НПСЗР-87, но е публикуван от МРРБ като Наредба № 2 от 27.07.2007 г. Променени са само глава първа: „Общи положения” и глава втора: „Определяне на изчислителното сеизмично натоварване”, преименувана в „Определяне на сеизмичните сили”. Останалите глави в Наредбата са същите, както в НПСЗР-87. Измененията и допълнения са заимствани частично от Еврокод 8, част първа (БДС EN 1998-1). Направени са: нова класификация на почвените профили, нова редакция на класовете на значимост в зависимост от категорията съгласно ЗУТ на съответните строежи, частични изменения и допълнения към таблицата с коефициентите на реагиране на различни конструктивни системи.

Обърнато е специално внимание върху сеизмичното осигуряване на конструкциите на сгради при реконструкция, преустройство, надстрояване или промяна на предназначението, като се вземат под внимание изискванията на Наредба № 5/2006 за техническите паспорти на строежите и на ЗУТ за инвестиционния проект.

**7. Наредба № РД-02-20-2 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони, 2012 г. [10].** Това е нова редакция на Наредба № 2/2007 с изменения и допълнения в глава първа и глава втора. Тук са отразени някои от бележките, направени при обсъждането на Наредба № 2/2007, организирано от КИИП.

Следващите нормативни документи, които се ползват в България за проектирането на конструкциите за сеизмични въздействия са БДС EN 1998, част 1 до част 6. Те са официален превод на български език на Еврокод 8. Към тях са приложени Национални приложения БДС EN 1998-(1 до 6)/NA.

Българските норми и Европейските норми за проектиране на сградите и съоръженията по принцип са се развивали на базата на почти еднакви теоретични постановки. Независимо от това съществуват определени разлики в дефинирането на сеизмичния hazard, представянето на сеизмичното въздействие, дефинирането на конструкциите по важност, конструктивните изисквания и др. В Еврокод 8 са включени и нови методи за нелинеен анализ и метода за капацитивно проектиране. Изучаването и прилагането на БДС EN 1998-1 изисква определени усилия от страна на проектантите. КИИП издаде редица материали в помощ на практиката, в които влиза и „Практическо ръководство с решени примери по проектиране съгласно Еврокод 8(БДС EN 1998-1) - Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия (нови сгради)” [12], написано от авторите на настоящия доклад.