



Получена: 03.01.2023 г.

Приета: 15.01.2023 г.

## ПОДХОДИ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА ВЕРОЯТНОСТНИ ЕТАЖНИ СПЕКТРИ НА РЕАГИРАНЕ

Л. Райчева<sup>1</sup>, Г. Върбанов<sup>2</sup>

*Ключови думи:* земетресение, динамичен анализ, етажен спектър на реагиране, конструктивно поведение, вероятностен подход

### РЕЗЮМЕ

Земетресенията могат да се отнесат към стохастичните по природа явления, които индуцират трептения в строителните конструкции. Оценка на реагирането и капацитета на конструкцията при сеизмични въздействия е неотменна задача в съвременното строително инженерство. Предвид случайния характер на явлението, действащите нормативни изисквания включват вероятно дефиниране на въздействието и вероятностна оценка на реагирането за строителни конструкции с изискуема висока степен на безопасност, каквито са например сградите и съоръженията в ядрената индустрия.

Настоящият доклад разглежда два подхода за вероятно дефиниране на етажни спектри на реагиране. Разглежданите подходи касаят провеждане на динамичен анализ в честотна област и използват съответно методите за генериране на случайни извадки и предпоставките на теорията на случайните вибрации (ТСВ). Предимствата и ограниченията в приложението на двата разгледани подхода са анализирани и обобщени.

### 1. Въведение

Характерно за някои типове сгради от промишлеността е разположението на специфично технологично оборудване в обема на сградата. При разработване на изчислителен модел с крайни елементи за целите на сеизмичен анализ, често само част от

---

<sup>1</sup> Лора Райчева, д-р инж., Енпро Консулт ООД, 1407, София, бул. Черни връх 107,  
e-mail: [blr@enproco.com](mailto:blr@enproco.com)

<sup>2</sup> Георги Върбанов, инж., Енпро Консулт ООД, 1407, София, бул. Черни връх 107,  
e-mail: [bgv@enproco.com](mailto:bgv@enproco.com)

оборудването бива моделирано детайлно, а друга част се включва чрез заместваща маса и коравина. За целите на сеизмичната квалификация на частта от оборудването, което не е моделирано в основния модел на сградата, същото се подлага на самостоятелен сеизмичен анализ като входното въздействие е представено чрез етажния спектър на реагиране за нивото, на което е разположено разглежданото оборудване. Този подход е особено приложим при сградите от ядрената индустрия, за които са налични повишени изисквания за безопасност и сеизмична квалификация на оборудването [1, 2].

Настоящият доклад разглежда два подхода, прилагани при генериране на етажни спектри на реагиране, включени в действащите нормативни документи за анализ и проектиране на конструкции на сгради от ядрената индустрия (ASCE/SEI 4-16, 2016 [3] и ASCE/SEI 43-05, 2005 [4]). И двата подхода използват вероятно дефиниране на спектрите, като единият се базира на генериране на извадки от случайни променливи, а вторият прилага аналитичната дефиниция на вероятностното разпределение на спектралните стойности, заложен в основните принципи на теорията на случайните вибрации (TCB).

Първият от подходите изисква провеждане на серия детерминистични анализи с акселерограми (TH) [5]. Той е широко застъпен в съвременните сеизмични анализи като приложението му е отворено за разнообразни конструктивни конфигурации и методи за динамичен анализ. Основен недостатък на подхода е потенциалното подценяване на обхвата на проектното земетресение за разглежданата площадка чрез използването на краен брой акселерограми [8, 7], както и значителното време, необходимо за генериране на входните въздействия.

При втория подход оценката на статистическата средна стойност на спектралното ускорение се извършва чрез аналитична зависимост между приет „върхов коефициент“ и средния равновероятностен спектър на реагиране за ускорение, представящо входното въздействие [8, 9]. За целта са използвани предпоставките, приети от теорията на случайните вибрации (TCB). Редица автори докладват успешното приложение на подхода за целите на анализа на взаимодействие почва-конструкция за сградите от ядрените централи [10]. Приложението на този подход е силно ограничено от теоретичните приемания и следва да се прилага с внимание.

Особеностите на приложението на двата подхода са представени в изложението като са илюстрирани чрез числен пример, касаещ сградата на реактор от типа ВВЕР-1000 и са направени изводи относно приложимостта на двата подхода за целите на генериране на етажни спектри на реагиране.

## 2. Изчислителен модел

Действащите регулаторни изисквания (ASCE/SEI 4-16, 2016 [1] и ASCE/SEI 43-05, 2005 [4]), касаещи сеизмичния анализ на конструкциите от ядрените централи, включват отчитане на взаимодействието на конструкцията и почвата, както и отразяване на формите на неопределеност при дефиниране на земното движение и стойностите на характеристиките на почвени и конструктивни материали.

Взаимодействието почва-конструкция може да има съществено влияние върху динамичното реагиране на сградата [10, 11]. Това влияние е особено изразено за корави конструкции, фундирани в меки почви. От една страна, разликата в коравините на почвената среда на свободно поле и фундаментния блок води до промяна на движението на частиците в почвения обем непосредствено около сградата и респективно до трансформиране на движението на свободно поле, разглеждано като входно въздействие

за сградата. От друга страна инерционното движение на сградата поражда реактивни усилия (срязващи сили и огъващи моменти) в основата и индуцира допълнителни деформации в почвата. Като израз на взаимодействието се наблюдава удължаване на периода на свободни трептения на конструкцията във функция на относителната коравина конструкция-почва и редуциране на амплитудите на конструктивно реагиране (амплитудите на максимално спектрално ускорение), породено от допълнителната дисипация на енергия от почвата.

Особеностите в генерирането на изчислителния модел с крайни елементи на системата почва-конструкция се диктуват от избора на метод за динамичен анализ. За целите на настоящата разработка е приложен т.нар. „субструктурен“ анализ [13, 14]. Методът е широко приложим поради ясното диференциране на отделните части на системата почва-конструкция, а именно: свободно поле, обем изкопана почва и конструкция, включително фундамент. Всяка една от тези части се решава самостоятелно като резултатът за конструктивното реагиране с отчитане на взаимодействието с почвата се получава чрез комбиниране на резултатите от реагирането на отделните „субконструкции“ чрез принципите на суперпозицията. Този анализ прилага решение на уравнението за движение във функция на собствената честота на трептене и е приложим само за линейни анализи.

## **2.1. Моделиране с крайни елементи на системата почва-конструкция**

За целите на „субструктурния“ метод за анализ е генериран дискретизиран модел на конструкцията и фундамента на сграда на реактор от типа ВВЕР-1000 като е използван методът на крайните елементи (МКЕ). За целта са подбрани стандартни призматични (solid), черупкови (shell) и гредови (beam) крайни елементи. Обемът изкопана почва също е дискретно моделиран чрез призматични елементи като възлите от изкопаната почва и от фундамента се дублират.

Свободното поле е моделирано чрез хоризонтални непрекъснати почвени слоеве с постоянна дебелина и свойства, разположени един върху друг и лежащи върху еластично полупространство. Свойствата на почвените разновидности (модул на срязване, затихване, обемна плътност) са вискозно-еластични, като са зададени със стойности, съответстващи на очакваните деформации при преминаване на сеизмични вълни с амплитуди, съответстващи на земетресенията, характерни за разглежданата площадка. Тези стойности са определени чрез еквивалентно-линейна итеративна процедура [15, 16].

Цялата система почва-конструкция е подложена на разпространяващи се във вертикално направление срязващи вълни ( $V_s$  и  $V_p$ ). За оценка на реагирането на почвената среда при разпространение на вълните е използвано вълновото уравнение, дефинирано в [17, 18].

## **2.2. Вероятностна дефиниция на изчислителния модел**

Нормативните изисквания за отчитане на несигурностите при дефиниране на сеизмичното въздействие и поведението на почва и конструкция са отчетени по два начина:

- Чрез използване на методи за генериране на случайни извадки от стойности като Latin Hypercube Sampling (LHS) или Monte Carlo Sampling (MCS). В този случай е необходимо да бъде подбран подходящ параметър, който да бъде описан като случайна променлива (чрез подходящо статистическо разпределение, средна стойност и стандартно отклонение).

Изборът на параметъра, дефиниран като случайна променлива, е продиктуван от чувствителността на динамичното реагиране на конструкцията към него.

- Чрез използване на аналитични зависимости, дефинирани от теорията на случайните вибрации (TCB) [10].

### 2.2.1. Почвен профил

За целите на вероятностната дефиниция на почвения профил е използван подходът с генериране на стратифицирана извадка чрез LHS. Параметрите на почвения профил под разглежданата конструкция, приети за случайни променливи, включват затихване ( $D$ ), скорост на разпространение на сръзващите вълни ( $V_s$ ), обемна плътност ( $\rho$ ), дебелина на почвените слоеве и др. При комбиниране на генерираните стойности за различните почвени пластове от профила е запазена корелацията в дълбочина. За разглежданите параметри е избрано логнормално статистическо разпределение и стандартно отклонение съгласно изискванията на ASCE/SEI 4-16 [3]. Средните стойности са приети съгласно генерализирания почвен профил за разглежданата площадка.

### 2.2.2. Конструкция

Конструктивните свойства, които са моделирани вероятно, включват материално затихване, модул на линейни деформации ( $E$ ), обемно тегло ( $g$ ). Подходът за генериране на случайни извадки е LHS, като е избрано логнормално разпределение и стандартно отклонение съгласно препоръките на ASCE/SEI 4-16 [3]. За средни стойности на случайната променлива е приета проектната ѝ стойност.

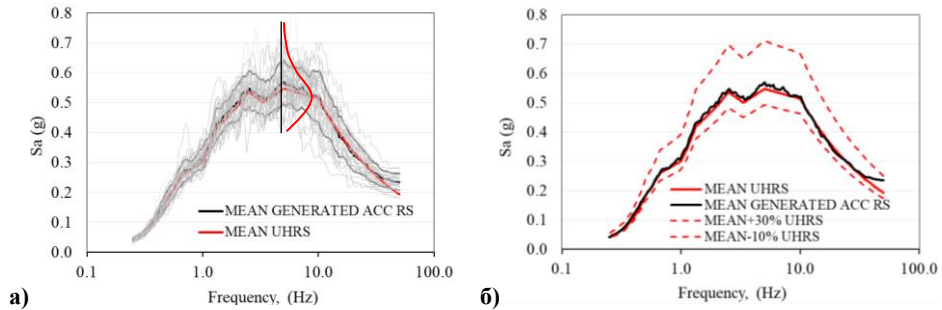
### 2.2.3. Сеизмично въздействие

Вероятностната дефиниция на сеизмичното въздействие е извършена чрез два подхода – генериране на случайни извадки и аналитично, чрез използване на предпоставките на TCB.

В първия случай е използвана процедурата LHS. За случайна променлива е избрано спектралното ускорение в характерни честоти от равновероятностния спектър на реагиране, генериран за разглежданата площадка. Приети са логнормално статистическо разпределение на променливата, средни стойности и стандартно отклонение, съответстващи на сеизмичния hazard за разглежданата площадка. След комбиниране на стойностите на извадките за всички спектрални честоти са получени серия вероятно дефинирани спектри на реагиране (фиг. 1 а). Същите са използвани като целеви спектри за генериране на синтетични или модифицирани реални акселерограми. Освен операциите по генериране на акселерограмите, следва да се удовлетворят и критериите на ASCE/SEI 43-05 [4] за съвместимост на средния спектър на реагиране от генерираните акселерограми със средния равновероятностен спектър на реагиране за разглежданата площадка (фиг. 1 б). Ключов момент е и подборът на параметрите на акселерограмата, представителна за разглежданата площадка.

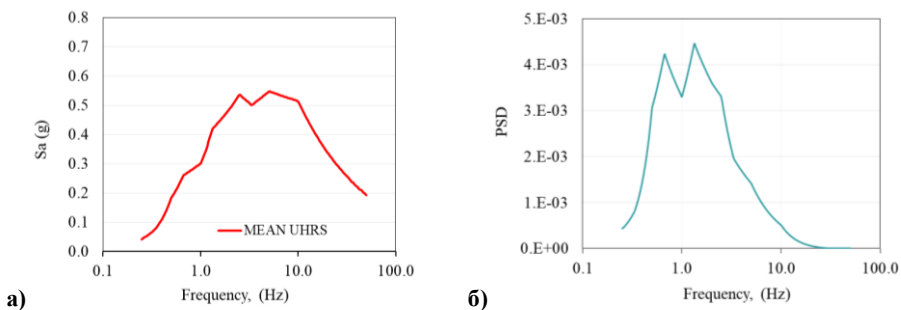
При втория случай за вероятно представяне на сеизмичното въздействие е използвана еднозначна дефиниция и съответно един конструктивен анализ (фиг. 2). Вероятностната дефиниция на въздействието се определя аналитично чрез предпоставките на TCB, които дефинират зависимост между параметрите (моментите) на функцията на спектралната плътност (PSD) на входното въздействие (среден равновероятностен спектър на реагиране), продължителността на силната фаза на

земетресенията, характерни за разглежданата площадка и статистическата средна стойност на максималното конструктивно реагиране за всяка собствена честота. За да е валидна тази зависимост, е приета предпоставката за стационарно Гаусово разпределено въздействие и реагиране на система с една степен на свобода. За реални акселерограми валидността на предпоставката не е налице за цялата ѝ продължителност, поради което зависимостите са изведени само за силната част на акселерограмата [8, 9].



**Фиг. 1. Спектри на реагиране за ускорение (5 % затихване):**

**а) на 30 генерирани акселерограми; б) среден спектър на реагиране за ускорение от 30 броя генерирани акселерограми, съпоставен със среден равновероятностен спектър на реагиране за свободно поле**



**Фиг. 2. Входно въздействие при прилагане на TCB: а) среден равновероятностен спектър на реагиране за ускорение за свободно поле на разглежданата площадка (5 % затихване); б) функция на спектралната плътност на ускоренията**

### 3. Подходи за генериране на етажни спектри на реагиране

Възприетите подходи за генериране на етажни спектри на реагиране са определени от подбрения метод за анализ и подхода за вероятно дефиниране на входното въздействие. В разглеждания пример е използван динамичен анализ в честотна област. Използван е софтуерният продукт SASSI2015 [13, 14], който има разработен модул за решение на уравнения за движение при хармонични вибрации във функция на честотата. Решението се извършва в линейна област. Най-общ вид на уравнението е представен в (1) като елементите на векторите и матрицата са изразени чрез комплексни числа.

$$[C]\{U\} = \{Q\}, \quad (1)$$

където  $\{Q\}$  е вектор на силите;

$\{U\}$  – вектор на преместванията;

$[C] = [K] - \omega^2[M]$  е честотно зависима матрица на коравина.

Уравнение (1) се разгръща във вида на уравнение (2) за трите субконструкции от системата почва-конструкция.

$$\begin{bmatrix} C_{ii}^{III} - C_{ii}^{II} + X_{ii} & -C_{iw}^{II} + X_{iw} & C_{is}^{III} \\ -C_{wi}^{II} + X_{wi} & -C_{ww}^{II} + X_{ww} & 0 \\ C_{si}^{III} & 0 & C_{ss}^{III} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_i \\ U_w \\ U_s \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_{ii} U_i' + X_{iw} U_w' \\ X_{wi} U_i' + X_{ww} U_w' \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

където с долен индекс  $i, w, s$  са обозначени степените на свобода съответно по периферията на изкопания обем почва, във вътрешността на изкопания обем почва и конструктивните, които не взаимодействат с почвата.

$[X_{if}]$  е импедансна матрица, определена чрез анализ на преместванията от единично хармонично въздействие;

$\{U_i'\}$  – вектор на преместванията за възлите на взаимодействие при зададено въздействие на свободно поле.

След решение на системата уравнения може да се стигне до опростената зависимост (3) за конструктивното реагиране.

$$S_{out}(\omega) = |H(\omega)|^2 \cdot S_{in}(\omega), \quad (3)$$

където  $S_{out}(\omega)$  е функцията на спектралната плътност на параметъра на конструктивно реагиране;

$H(\omega)$  – амплитудата на трансферната функция, определена при решение на система (2);

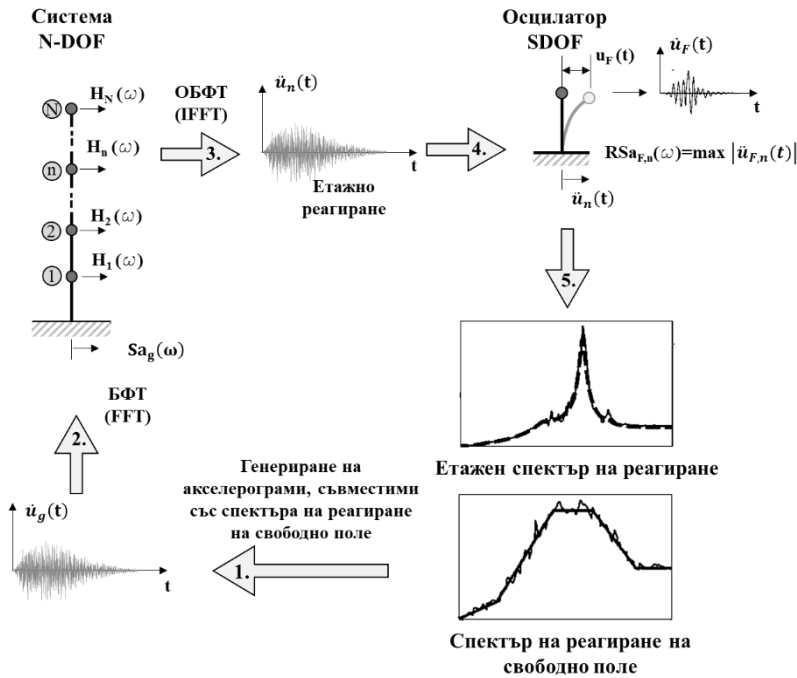
$S_{in}(\omega)$  – функцията на спектралната плътност на входното въздействие.

### 3.1. С акселерограми

Първият подход за генериране на етажни спектри на реагиране използва задаване на входното въздействие във вид на акселерограма. За целите на избрания метод за анализ предварително се извършва стандартна Фуриерова трансформация (FFT) на акселерограмата от функция на времето към функция на честотата. Чрез решаване на системата уравнения (2) за дадена степен на свобода  $i$ , се определя трансферната функция  $H_i(\omega)$  за търсеното конструктивно реагиране (ускорение). Аналитичната зависимост от уравнение (3) е приложена за изчисление на честотно зависимата функция на амплитудите на ускоренията за разглежданата степен на свобода  $i$ . Следва прилагане на обратна Фуриерова трансформация (IFFT) за преобразуване на функцията на ускоренията от честотна във времева област. Така получената функция на ускоренията във времето е приложена към система с една степен на свобода със собствена честота  $\omega_i$ , определено е ускорението на осцилатора във функция на времето като максималната стойност е стойността на етажния спектър на реагиране за разглежданата честота.

Аналогично, процесът се повтаря за подходящ брой спектрални честоти. Така полученият етажен спектър на реагиране е определен детерминистично. За да се оцени статистическата средна стойност на спектралните ускорения и отклоненията от нея,

описаната последователност от действия се повтаря за целия набор от входни въздействия (N-размерна извадка на случайната променлива), дефинирани съгласно т. 2.2.3. Провеждат се N на брой детерминистични анализи и като резултат се изчисляват N на брой етажни спектри на реагиране за разглежданата степен на свобода, които се обработват статистически, за да се определи средната стойност и стандартното отклонение от нея. Схематично процесът е илюстриран на фиг. 3.



Фиг. 3. Схема на генериране на етажен спектър на реагиране при входно въздействие във вид на акселерограма

### 3.2. Със спектри на реагиране

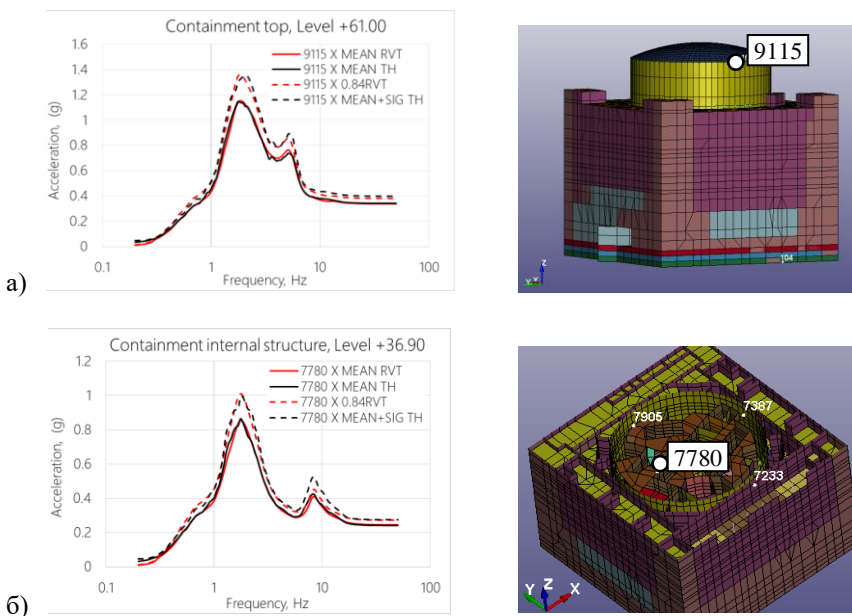
Вторият подход за генериране на етажни спектри на реагиране използва задаване на входното въздействие във вид на среден равновероятностен спектър на реагиране за ускорение на свободно поле. За целите на избрания анализ следва средният спектър на реагиране за ускорение да се трансформира във функция на спектралната плътност чрез бърза итеративна процедура, която използва предпоставките на теорията на случайните вибрации и динамичното реагиране на система с една степен на свобода, подложена на стационарно Гаусово въздействие. Следва решение на системата уравнения (2) за разглежданата степен на свобода и дефиниране на честотно зависимите трансферни функции. Като се използва зависимостта (3) се дефинират директно средните стойности на амплитудите на спектралната плътност на ускоренията за разглеждана степен на свобода. По подобен начин, с помощта на аналитичните зависимости и предпоставки на ТСВ, могат да бъдат изчислени и статистическите стойности на спектралните ускорения с различна вероятност за превишение. Функцията на спектралната плътност директно се трансформира в спектър на реагиране за ускорение. Схематично процесът е илюстриран на фиг. 4.



модел) показва реагиране на конструкцията по водеща транслационна форма на свободни трептения (фиг. 5). При отчитане на влиянието на почвата водещата форма на трептене се определя от реагирането на почвата като се наблюдава изместване на собствената честота от 4,8 Hz на (1,7 – 2,0) Hz. Този ефект е илюстриран от дефинираните етажни спектри на реагиране.

Изчислителният модел с крайни елементи на сградата и почвата под нея е разработен в средата на SASSI2015. Използван е методът за анализ и подходите, описани в изложението на статията. За целите на генериране на вероятностни етажни спектри на реагиране за сградата са приложени 30 трикомпонентни акселерограми, съвместими със сеизмичния хазарт на територията на разглежданата площадка и средният равновероятностен спектър на реагиране за ускорение на свободно поле. Получените от анализа средни спектри на реагиране за ускорение при 5 % затихване за два възела от конструкцията, определени по двата разгледани подхода, са илюстрирани на фиг. 6. Илюстрирани са и спектрите, определени с 16 % вероятност за превишение. Котите на разгледаните възли са представени спрямо нулевата кота, разположена на 4,20 m над основната плоскост на сградата.

Илюстрираните спектри на реагиране са показателни за сходното конструктивно реагиране, оценено чрез двата използвани подхода за генериране на вероятностни етажни спектри на реагиране. Съвпадение се наблюдава и в спектралните пикове и честотите, в които се наблюдават. При поява на втори спектрален пик, разликата между ускоренията, определени по двата подхода е от порядъка на 7 – 8 % и се явява за честотите на растящия клон на пика. За ниските честоти под 0,2 Hz, разликите в изчислените стойности са значителни (надвишават 50 %), което се дължи на неприложимост на предпоставките на TCB за тази честотна област.



**Фиг. 6. Сравнение на етажните спектри на реагиране за ускорение (5 % затихване), определени с динамичен анализ при използване на 30 трикомпонентни акселерограми и с предпоставките на TCB за: а) възел на върха на цилиндричната черупка на кота +61,00 (възел 9115); б) възел от плоча на кота +36,90 от вътрешната конструкция на херметичния обем (възел 7780)**

## 5. Обобщение

Разгледаните подходи за генериране на вероятностни етажни спектри на реагиране са приложими за сградата на реактор от типа ВВЕР-1000. И двата подхода имат своите предимства и недостатъци като този, използващ ТСВ, следва да се прилага при съобразяване с особеностите на конкретната конструкция и сеизмичност за разглежданата площадка.

Подходът, базиран на ТСВ, се отличава със съществена редукция на времето за анализ и подготовка на входните въздействия. Съществено преимущество е възможността да се обхване целият диапазон от параметри на проектното земетресение. Надеждността на получените резултати е силно зависима от собствените динамични характеристики на разглежданата конструкция във взаимодействието ѝ с почвата. Предпоставките за валидност на теорията свеждат приложението на подхода до регулярни конструкции с предвидимо динамично поведение и водеща основна форма на свободни трептения, както и до площадки, за които не са характерни земетресения с кратка продължителност и изразени пулсации. Надеждността на подхода за конструкции, извън изброените, следва да се обоснове, например чрез анализ с акселерограми.

От своя страна приложимостта на подхода с използване на акселерограми не е ограничена от спецификите на динамичното реагиране на разглежданата сграда, поради което се препоръчва за анализ на сгради със сложно динамично поведение и повече водещи форми на свободни трептения. Подходът е приложим при линейни и нелинейни анализи, както в честотна, така и във времева област. Подготовката на входните въздействия изисква съществен ресурс от време и умения, а използването на краен брой акселерограми може да доведе до подценяване на параметрите на проектно земетресение за разглежданата площадка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. NRA. 2016, Regulation on Ensuring the Safety of Nuclear Power Plants.
2. IAEA Safety Standards Series No. NS-R-1. 2000, Safety of Nuclear Power Plants: Design, IAEA, Vienna.
3. ASCE/SEI 4-16. 2016, Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures, American Society of Civil Engineers.
4. ASCE/SEI 43-05. 2005, Seismic Design Criteria for Structures, Systems, and Components in Nuclear Facilities.
5. *Miloshev, M., Kostov, M.* Time Domain Seismic Soil Structure Interaction Analysis of a Nuclear Structure, VSU, 2018.
6. *Rathje, E, Kottke, A.* Procedures For Random Vibration Theory Based Seismic Site Response Analyses, Geotechnical Engineering Report GR08-09, 2008.
7. *Ostadan, F., Marmon, S., Arango, I.* Effect of Input Motion Characteristics on Seismic Ground Responses, 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, 1996.
8. *Der Kiureghian, A.* On Response of Structures to Stationary Excitation. Report No. UCB/EERC – 79/32, June 1979, Earthquake Engineering Research Center, 1979.

9. *Davenport, A.* Note on the Distribution of the Largest Value of a Random Function with Application to Gust Loading. Proceedings, Institution of Civil Engineers, 28, 187-196, 1964.
10. *Deng N., Ostadan F.* Random Vibration Theory-Based Soil-Structure Interaction Analysis, 15 WCEE, Lisboa, 2012.
11. NIST GCR 12-917-21, Soil-Structure Interaction for Building Structures, NHERP Consultants Joint Venture, 2012.
12. *Kramer, L.* Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, 1996.
13. *Ostadan, F., Deng, N.* SASSI2015, A System for Analysis of Soil-Structure Interaction, Theoretical Manual Version 1.0, 2019.
14. *Ostadan, F., Deng, N.* SASSI2015, A System for Analysis of Soil-Structure Interaction, Users's Manual Version 1.0, 2019.
15. *Schnabel, P., Lysmer, J., Seed, H.* User's manual for SHAKE91: A Computer Program for Conducting Equivalent Linear Seismic Response Analyses of Horizontally Layered Soil Deposits, University of California, Davis, California, 1992.
16. *Mejia, L., Dawson, E.* Earthquake deconvolution for FLAC, 4th International FLAC Symposium on Numerical Modeling in Geomechanics, 2006.
17. *Lysmer, J., Waas, G.* Shear Waves in Plane Infinite Structures, Journal Engrg. Mech. Div., ASCE, Vol. 98, No. EMI, pp. 85–105, February, 1972.
18. *Kanai, K.* Relation Between the Nature of Surface Layer and the Amplitudes of Earthquake Motions, Bull. Earthquake Research Institute, Vol. 30, pp. 31 – 37, Tokyo, 1952.

## **APPROACHES FOR GENERATING SEISMIC PROBABILISTIC FLOOR RESPONSE SPECTRA**

**L. Raycheva<sup>1</sup>, G. Varbanov<sup>2</sup>**

***Keywords:** earthquake, dynamic analysis, floor response spectrum, structural behavior, probabilistic approach*

### **ABSTRACT**

Earthquakes might be referred to the stochastic natural phenomena, leading to induced building vibrations. The assessment of structural behavior and capacity upon seismic events is an essential task of structural engineering nowadays. Considering the random character of the action, the current regulatory documents include probabilistic definition of the input motions, as

---

<sup>1</sup> Lora Raycheva, Dr. Eng., Enpro Consult Ltd., Sofia1407, 107 Cherni Vrah Blvd.,  
e-mail: [blr@enproco.com](mailto:blr@enproco.com)

<sup>2</sup> Georgi Varbanov, Eng., Enpro Consult Ltd., Sofia1407, 107 Cherni Vrah Blvd.,  
e-mail: [bgv@enproco.com](mailto:bgv@enproco.com)

well as probabilistic assessment of the response of buildings with a required high degree of safety, such as buildings and facilities of nuclear industry.

The current paper considers two approaches for probabilistic estimation of floor response spectra. The approaches include execution of dynamic analysis in frequency domain and use the methods for random sampling and the assumptions of random vibration theory (RVT). The advantages and limitations in the applicability of both approaches of concern are analyzed and summarized.