



## **ВЪРХУ ИЗСЛЕДВАНЕТО НА НОСЕЩАТА КОНСТРУКЦИЯ НА ГЛАВНА ГРЕДА НА КОЗЛОВИ КРАН В УСЛОВИЯ НА ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАНЕ ОТ ЗЕМЕТРЕСЕНИЕ**

Лъчезар Лазов<sup>1</sup>, Евелина Ринкова<sup>2</sup>, Драгомир Вражилски<sup>3</sup>, Красимир Кръстанов<sup>4</sup>  
[lcho@mail.bg](mailto:lcho@mail.bg), [rtot\\_eva@abv.bg](mailto:rtot_eva@abv.bg), [dragomir4424@gmail.com](mailto:dragomir4424@gmail.com), [kkrastanov@vtu.bg](mailto:kkrastanov@vtu.bg)

<sup>1,3</sup> ТУ, София, бул. Климент Охридски 8

<sup>2</sup> УАСГ, София, бул. Христо Смирненски 1

<sup>4</sup> ВТУ „Т. Каблешков“, София, ул. Гео Милев 158

**РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** товароподемни машини, динамично натоварване, козлови кран, техническа характеристика, сеизмична устойчивост, главна греда.

**Резюме:** При извършване на оптимален избор и/или проектиране на конструкция на козлови кран за обслужване на строителен или промишлен склад, в който се съхраняват материали с висока степен на обществен риск (взривоопасни материали, токсични материали и др), специално внимание трябва да бъде обърнато не само върху основните експлоатационни технически характеристики на крана (височина на вдигане, отвор на крана, товароподемност и т.н.), но също така и върху сеизмоустойчивостта на крана, която се изисква, съобразно земетръсния риск и сеизмичността на района, където е разположен обслужваният строителен или промишлен склад. Настоящата разработка е посветена на въпросите, свързани с изследване на носещата конструкция на главна греда на козлови кран в условия на сеизмично въздействие. Разработена е аналитична методика за определяне на сеизмичните натоварвания и напрежения в носещата конструкция на главната греда на козлови кран, който обслужва строителен или промишлен склад за съхранение на материали с висока степен на риск. Тази методика е приложена за конкретен числен пример, който илюстрира нейното практическо приложение.

### **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

През последните няколко години се наблюдава засилен интерес, по отношение на въпросите, които са свързани с проектирането, производството и/или извършване на оптимален на конструкциите за подемно-транспортните съоръжения, обслужващи строителни или промишлени складове, в които се съхраняват материали с висока степен на обществен риск (взривоопасни материали, токсични материали и др.). В тази връзка в Р.България съществуват разработени аналитични методики само за

<sup>1</sup>Лъчезар Лазов, доцент, ТУ-София, София, бул.Климент Охридски 8, [lcho@mail.bg](mailto:lcho@mail.bg)

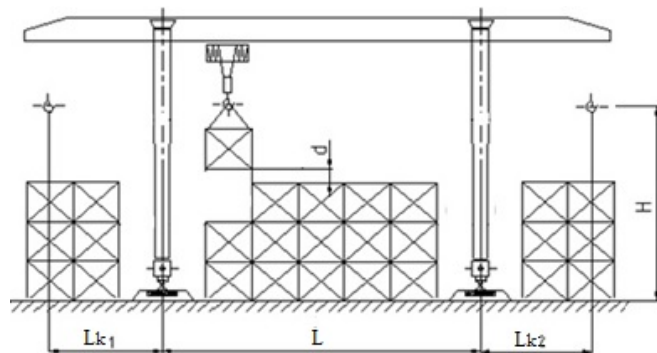
<sup>2</sup>Евелина Ринкова, главен асистент, УАСГ, София, бул. Христо Смирненски 1, [rtot\\_eva@abv.bg](mailto:rtot_eva@abv.bg)

<sup>3</sup>Драгомир Вражилски, гл. асистент, ТУ-София, бул.Кл. Охридски 8, [dragomir4424@gmail.com](mailto:dragomir4424@gmail.com)

<sup>4</sup>Красимир Кръстанов, професор, ВТУ-Т. Каблешков, ул. Гео Милев 158, [kkrastanov@vtu.bg](mailto:kkrastanov@vtu.bg)

определянето на сеизмичните натоварвания в носещите конструкции на мостовите кранове, като например [1].

Козловите кранове се използват много често за механизирани на товаро-разтоварните операции в строителни или промишлени складове, където товарите биват подреждани в няколко редици (транспортни коридори) по дължината на складовата площадка. В общия случай козловите кранове биват избирани въз основа на основните им експлоатационни технически характеристики (отвор на крана  $L$ , височина на вдигане на крана  $H$ , товароподемност на крана  $MQ$ ) – [2]. Начин на подреждане на товари чрез козлови кран с две странични конзоли, в склад с три редици (транспортни коридори), е показан на долната фиг.1, където са използвани следните означения:  $d[m]$  – разстояние за безопасност по вертикала;  $d \geq 1[m]$ ;  $Lk_1, Lk_2$  – обем на куката на крана под двете конзоли, който се приема съизмерим с дължината на конзолите  $[m]$ .



Фиг.1. Схема на козлови кран работещ в склад

Настоящата разработка е посветена на въпросите, свързани с разработването на аналитична методика за определяне на сеизмичните натоварвания, които възникват в носещата конструкция на главната греда на козлови кран с две конзоли (фиг.1), като резултат от сеизмично въздействие.

## 2. Теоретични основи на предлаганата методика за определяне на динамичните натоварвания в главната греда на козловия кран, предизвикани от сеизмично въздействие

Съгласно новият Европейски стандарт БДС EN 13001-2:2021 [3], сеизмичните натоварвания спадат към групата на специалните натоварвания и при проверката на статична якост на елементи от металната кранова конструкция може да се използва изчислителна комбинация С10. Това са специални натоварвания, комбинирани с регулярни натоварвания, а именно:

- натоварване от собствено тегло на носещата конструкция на крана;
- натоварвания предизвикани от премествания вследствие на конструктивни особености;
- натоварване от повдигнат товар.

Двата документа, които регламентират начина за задаване на окачения/повдигнатия товар към товароподемни кранове са „БДС EN 13001-2:2021 и „Наредба № РД-02-20-2[4]. Трябва да се отбележи, че в двата документа се забелязва разлика в стойността на фактора за привеждане стойността на повдигания товар (1,0 и 0,3). В изследваните модели ще бъде възприета по-консервативната стойност, а именно: счита се, че фактора на товара 0,3 се взема при оразмеряване само на конструкцията на сграда, а за оразмеряване на конструкцията на крана се взема фактор на товара 1,0.

Предлаганата методика се базира на разработен изчислителен модел със съсредоточени маси, както и на това, че сеизмичната сила може да бъде представена

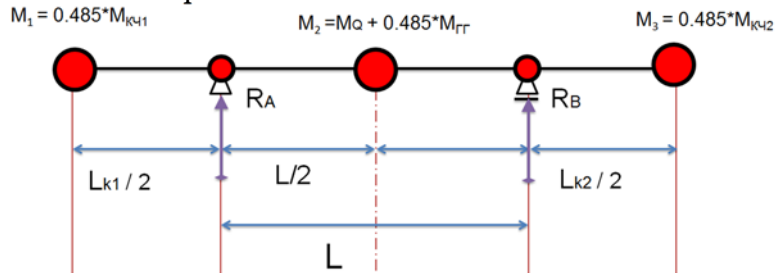
като една инерционна съсредоточена сила, действаща към съсредоточени маси. Тогава тази сила, действаща към съсредоточена маса, ще може да се изчисли като [5].

$$F = a * M$$

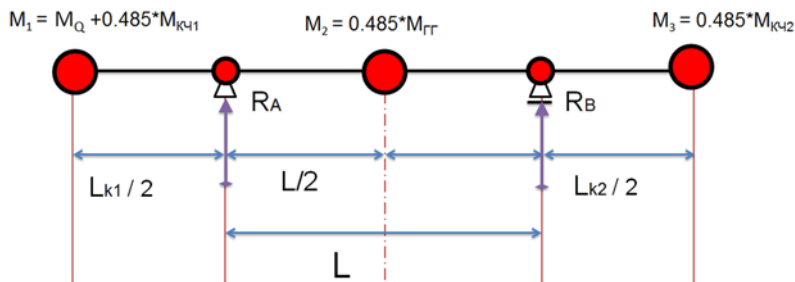
където

„a“ е сеизмичното ускорение, действащо във съответната съсредоточена маса върха на кулата;  $M$  – приведената съсредоточена маса.

В настоящата разработка се предлага изчислението на сеизмичните сили да бъде извършено върху два специално разработени дискретни динамични модели на главна греда на козловия кран, които са моделирани със съсредоточени маси – съсредоточен окачен товар по средата на главната греда и съсредоточен окачен товар в края на конзолата (фиг.2 и фиг.3). Тези модели отразяват двете крайни възможни конфигурации при които биха се случили максималните възможни натоварвания върху главната греда на козловия кран.



Фиг. 2. Динамичен модел на главна греда със съсредоточен товар по средата на главната греда



Фиг.3. Динамичен модел на главна греда със съсредоточен товар в края на конзолата

За изчисляване на сеизмичните сили чрез възприетите динамични модели по спектралния метод ще се състави масовата матрица на модела  $M$ :

$$M = \begin{vmatrix} M_1 & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & 0 \\ 0 & 0 & M_3 \end{vmatrix}$$

Матрица на коравините  $K$ :

$$K = \begin{vmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{vmatrix} = D^{-1}$$

Където  $D$  е матрица на податливост:

$$D = \frac{1}{EI} \times \begin{vmatrix} EI \cdot d_{11} & EI \cdot d_{12} & EI \cdot d_{13} \\ EI \cdot d_{21} & EI \cdot d_{22} & EI \cdot d_{23} \\ EI \cdot d_{31} & EI \cdot d_{32} & EI \cdot d_{33} \end{vmatrix}$$

Единичните премествания  $EI \cdot d_{ij} = \Delta_i \times \eta_j$  могат да се намерят по метода на Максвел-Мор или по други известни методи. Чрез тези матрици може да се дефинира системата диференциални уравнения за движение в следния вид:

$$M \cdot \ddot{u}(t) + K \cdot u(t) = -a_{gr}(t) \cdot M \cdot r$$

При спектралния метод свързаните координати  $u(t)$  се декомпозират и решават чрез несвързани диференциални уравнения за движение, чрез използването на векторите на собствените форми  $V$ :

$$V_1 = \begin{bmatrix} V_{11} \\ V_{21} \\ V_{31} \end{bmatrix}; \quad V_2 = \begin{bmatrix} V_{12} \\ V_{22} \\ V_{32} \end{bmatrix}; \quad V_3 = \begin{bmatrix} V_{13} \\ V_{23} \\ V_{33} \end{bmatrix}; \quad \rightarrow \quad V = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & V_{13} \\ V_{21} & V_{22} & V_{23} \\ V_{31} & V_{32} & V_{33} \end{bmatrix}$$

Тогава системата диференциални уравнения за движение добива вида:

$$M \cdot V \cdot \ddot{x}(t) + K \cdot V \cdot x(t) = -a_{gr}(t) \cdot M \cdot r$$

Коего се преработва във вида:

$$V^T \cdot M \cdot V \cdot \ddot{x}(t) + V^T \cdot K \cdot V \cdot x(t) = -a_{gr}(t) \cdot V^T \cdot M \cdot r$$

Така за диференциалните уравнения за движение в несвързани координати се получава:

$$\ddot{x}_j(t) + \omega_j^2 \cdot x_j(t) = -a_{gr}(t) \cdot \frac{V_j^T \cdot M \cdot r}{V_j^T \cdot M \cdot V_j}$$

Където коефициентът на формата  $\eta_j$  е:

$$\eta_j = \frac{V_j^T \cdot M \cdot r}{V_j^T \cdot M \cdot V_j}$$

И уравненията могат да се запишат във вида:

$$\ddot{x}_j(t) + \omega_j^2 \cdot x_j(t) = -a_{gr}(t) \cdot \eta_j$$

Тогава, след известна преработка, за сеизмичните сили можем да запишем:

$$\begin{bmatrix} E_{1j} \\ E_{2j} \\ E_{3j} \end{bmatrix} = M \cdot V_j \cdot \eta_j \cdot \max[a_j^*[t, a_{gr}(t), \zeta_j, T_j]] = g \cdot M \cdot V \cdot \eta_j \cdot \bar{S}_a^{(j)}$$

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix} = \sum_{j=1}^3 \begin{bmatrix} E_{1j} \\ E_{2j} \\ E_{3j} \end{bmatrix}$$

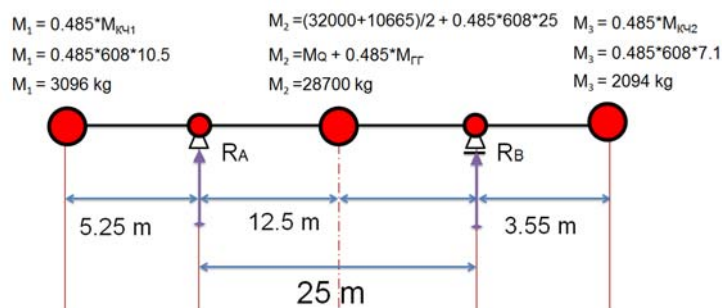
След определяне на сеизмичните сили може да се извършат и якостните проверки на модела на главната греда за осигуряване на сеизмична якост. Тази проверка се препоръчва да се извърши при следните условия: 1) масата на товара (MQ) включва в себе си масата на количката и цялата маса на повдигания товар (т.е. без отчитане на ефект на виброизолация от гъвкавостта на въжето); 2) безразмерният

спектър на ускоренията  $\bar{S}_a^{(j)}$  за точките/мястото на закрепване на главната греда към краката на козловия кран (връзката „крак - главна греда“) се определя въз основа на отчитане на динамичното реагиране на опорната конструкция и краката/вертикалните опори на козловия кран, както също и коефициента на сеизмичност ( $k_s$ ), динамичните коефициенти  $\beta_j(T_j)$  и формата на спектралната крива за географския район, където е разположен промишления склад, в който работи изследваният козлови кран, при което трябва да бъдат отчитани всички указания на Еврокод 8 [6].

### 3. ЧИСЛЕН ПРИМЕР ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПРЕДЛАГАНАТА МЕТОДИКА

#### 3.1. Входни данни

За илюстрация на практическото приложение на разработената методика е предложен конкретен пример. Обект на изследване е тежък двугредов козлови кран с товароподемност 32 тона; отвор 25m; дължини на двете конзоли –10,5m и 7,1m; линейна маса на главна греда – 608kg/m; маса на двурелсова кранова количка – 10665kg;(фиг.4).



Фиг.4. Динамичен модел на главната греда за схема на натоварване 1 – окачен товар в средата на главната греда

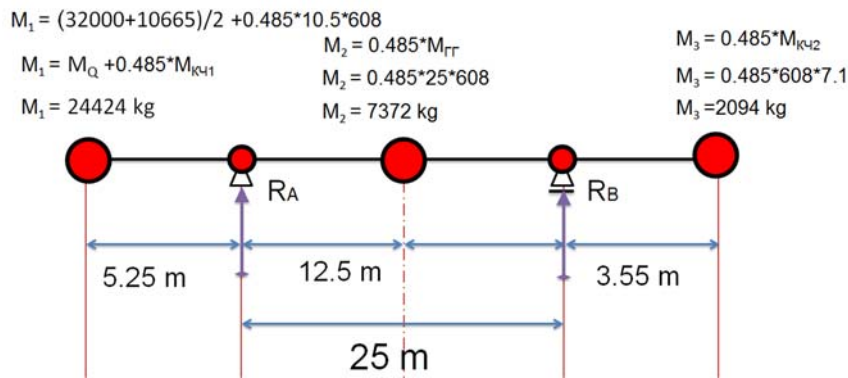
По отношение на други основни технически данни на крана, както и такива които са необходими за настоящите изчисления са условно приети следните примерни стойности: площ на напречното сечение на главна греда  $A = 0.05244 \text{ [m}^2\text{]}$ ; инерционен момент на напречното сечение на главна греда спрямо хоризонтална ос –  $J = 0.021918 \text{ [m}^4\text{]}$ ; вертикална коравина на главната греда:  $E \cdot J = 2.1011 \times 0.021918 = 438360000 \text{ [N.m}^2\text{]}$ ; опорната конструкция на крана и краката/вертикалните опори се приемат с голяма коравина; коефициент на сеизмичност със стойност за района  $k_s = 0,1$ ; коефициент на реагиране на конструкцията със стойност  $R = 0,25$ ; коефициент на значимост на конструкцията със стойност  $C = 1,2$ .

#### 3.2. Определяне на масовата матрица М и матрицата на коравините К

Масова матрица на динамичния модел за схема на натоварване 1:

$$M = \begin{vmatrix} M_1 & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & 0 \\ 0 & 0 & M_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3096 & 0 & 0 \\ 0 & 28700 & 0 \\ 0 & 0 & 2094 \end{vmatrix}$$

Динамичен модел на главната греда за схема на натоварване 2 (окачен товар в края на конзолата) е представен на долната фиг.5.



Фиг.5. Динамичен модел на главната греда за схема на натоварване 2 – окачен товар в края на конзолата

Масова матрица на динамичния модел за схема на натоварване 2:

$$M = \begin{vmatrix} M_1 & 0 & 0 \\ 0 & M_2 & 0 \\ 0 & 0 & M_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 24424 & 0 & 0 \\ 0 & 7372 & 0 \\ 0 & 0 & 2094 \end{vmatrix}$$

Резултатът за матрица на податливост D на главната греда е:

$$D = \begin{vmatrix} 63.4 & -46.8 & 17.7 \\ -46.8 & 74.3 & -31.6 \\ 17.7 & -31.6 & 27.5 \end{vmatrix} \times 10^{-9}$$

Резултатът от изчислението за матрицата на коравините K е представено по-долу:

$$K = D^{-1} = \begin{vmatrix} 29783060 & 20745424 & 4668918 \\ 20745424 & 40773847 & 33500348 \\ 4668918 & 33500348 & 71853496 \end{vmatrix}$$

### 3.3. Определяне на сеизмичните натоварвания и напрежения в главната греда за „схема на натоварване 1“

След изчислението за собствените честоти и форми при схема на натоварване 1 се получават следните резултати:

$\omega_1 = 21.052 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$	$\omega_2 = 99.322 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$	$\omega_3 = 187.208 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$
$T_1 = 0,2985 \text{ [s]}$	$T_2 = 0,0633 \text{ [s]}$	$T_3 = 0,0336 \text{ [s]}$
$V_1 = \begin{vmatrix} 1 \\ -1.5158 \\ 0.6502 \end{vmatrix}$	$V_2 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0.067 \\ -0.135 \end{vmatrix}$	$V_3 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0.5257 \\ 14.5248 \end{vmatrix}$
$\eta_1 = -0.5584$	$\eta_2 = 1.4511$	$\eta_3 = 0.1073$
$\beta_1(T_1) = 2,5$	$\beta_2(T_2) = 2,5$	$\beta_3(T_3) = 2,5$
$\bar{S}_a^{(1)} = 0.075$	$\bar{S}_a^{(2)} = 0.075$	$\bar{S}_a^{(3)} = 0.075$

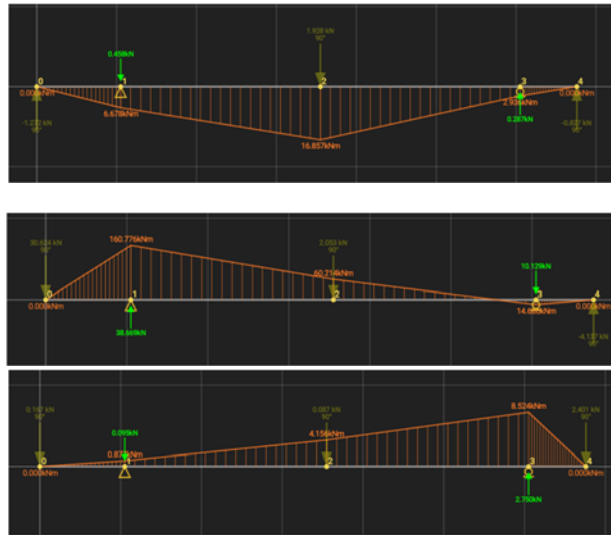
За компонентите на сеизмичната сила се получава:

$$\begin{bmatrix} E_{11} \\ E_{21} \\ E_{31} \end{bmatrix} = g \cdot M_{11} \cdot V_1 \cdot \eta_1 \cdot \bar{S}_a^{(1)} = 9,81 \cdot 3096 \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ -1.5158 \\ 0.6502 \end{bmatrix} \cdot -0,5584 \cdot 0,075 = \begin{bmatrix} -1272 \\ 1928 \\ -827 \end{bmatrix} \text{ N}$$

$$\begin{bmatrix} E_{12} \\ E_{22} \\ E_{32} \end{bmatrix} = g \cdot M_{22} \cdot V_2 \cdot \eta_2 \cdot \bar{S}_a^{(2)} = 9,81 \cdot 28700 \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0.067 \\ -0.135 \end{bmatrix} \cdot 1,4511 \cdot 0,075 = \begin{bmatrix} 30642 \\ 2053 \\ -4137 \end{bmatrix} \text{ N}$$

$$\begin{bmatrix} E_{13} \\ E_{23} \\ E_{33} \end{bmatrix} = g \cdot M_{33} \cdot V_3 \cdot \eta_3 \cdot \bar{S}_a^{(3)} = 9,81 \cdot 2094 \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0.5257 \\ 14.5248 \end{bmatrix} \cdot 0,1073 \cdot 0,075 = \begin{bmatrix} 166 \\ 87 \\ 2401 \end{bmatrix} \text{ N}$$

Натоварването на главната греда от сеизмичните сили е показано по-долу (фиг.6):



**Фиг. 6. Получавани огъващи моменти за първа, втора и трета собствена форма при схема на натоварване 1**

От диаграмите се вижда, че има потенциално две застрашени сечения РЗ-1 и РЗ-2. Максималният огъващ момент за РЗ-1 е:

$$M_{ог} = \sqrt{16.875^2 + 60.214^2 + 4.156^2} = 62.672 \text{ kN.m}$$

Максималният огъващ момент за РЗ-2 е:

$$M_{ог} = \sqrt{6.678^2 + 160.776^2 + 0.877^2} = 160.917 \text{ kN.m}$$

Тъй като инерционните характеристики на главната греда в РЗ-1 и РЗ-2 са еднакви, то за определяне на влиянието на сеизмичните товари върху якостта може да се установи само за по-големия от двата момента:

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot h}{2 \cdot J} = \frac{160917 \times 1.74}{2 \times 0.021918} = 6.39 \text{ MPa} < [\sigma]$$

### 3.4. Определяне на сеизмичните натоварвания и напрежения в главната греда за „схема на натоварване 2“

След изчислението за собствените честоти и форми при схема на натоварване се получават следните резултати:

$\omega_1 = 23.146 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$	$\omega_2 = 62.032 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$	$\omega_3 = 191.522 \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]$
$T_1 = 0,2715 \text{ [s]}$	$T_2 = 0,1013 \text{ [s]}$	$T_3 = 0,0328 \text{ [s]}$
$V_1 = \begin{vmatrix} 1 \\ -0.8843 \\ 0.35284 \end{vmatrix}$	$V_2 = \begin{vmatrix} 1 \\ 3.5281 \\ -1.925 \end{vmatrix}$	$V_3 = \begin{vmatrix} 1 \\ 16.474 \\ 112.305 \end{vmatrix}$
$\eta_1 = 0.6123$	$\eta_2 = 0.3743$	$\eta_3 = 0.0134$
$\beta_1(T_1) = 2,42$	$\beta_2(T_2) = 2,5$	$\beta_3(T_3) = 2,5$
$\bar{S}_a^{(1)} = 0.075$	$\bar{S}_a^{(2)} = 0.075$	$\bar{S}_a^{(3)} = 0.075$

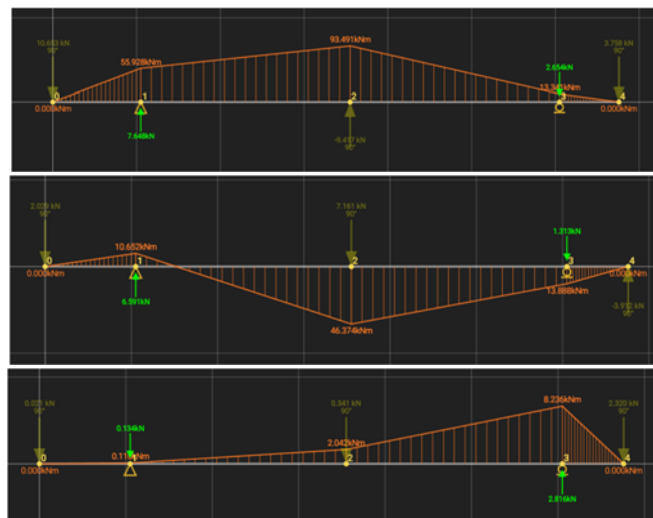
За компонентите на сеизмичната сила се получава:

$$\begin{bmatrix} E_{11} \\ E_{21} \\ E_{31} \end{bmatrix} = g \cdot M_{11} \cdot V_1 \cdot \eta_1 \cdot \bar{S}_a^{(1)} = 9,81.24424 \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ -0.8843 \\ 0.35284 \end{vmatrix} \cdot 0,6123 \cdot 0,075 = \begin{bmatrix} 10653 \\ -9417 \\ 3758 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_{12} \\ E_{22} \\ E_{32} \end{bmatrix} = g \cdot M_{22} \cdot V_2 \cdot \eta_2 \cdot \bar{S}_a^{(2)} = 9,81.7372 \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 3.5281 \\ -1.925 \end{vmatrix} \cdot 0,3743 \cdot 0,075 = \begin{bmatrix} 2029 \\ 7161 \\ -3912 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_{13} \\ E_{23} \\ E_{33} \end{bmatrix} = g \cdot M_{33} \cdot V_3 \cdot \eta_3 \cdot \bar{S}_a^{(3)} = 9,81.2094 \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 16.474 \\ 112.305 \end{vmatrix} \cdot 0,0134 \cdot 0,075 = \begin{bmatrix} 21 \\ 341 \\ 2320 \end{bmatrix} \text{ N}$$

Натоварването на главната греда от сеизмичните сили е показано по-долу (фиг.7):



Фиг. 7. Получавани огъващи моменти за първа, втора и трета собствена форма при схема на натоварване 2



От диаграмите се вижда, че има потенциално две застрашени сечения РЗ-1 и РЗ-2. Максималният огъващ момент за РЗ-1 е:

$$M_{ог} = \sqrt{93.491^2 + 46.374^2 + 2.042^2} = 104.38 \text{ kN.m}$$

Максималният огъващ момент за РЗ-2 е:

$$M_{ог} = \sqrt{55.928^2 + 10.652^2 + 0.11^2} = 56.934 \text{ kN.m}$$

Тъй като инерционните характеристики на главната греда в РЗ-1 и РЗ-2 са еднакви, то за определяне на влиянието на сеизмичните товари върху якостта може да се установи само за по-големия от двата момента:

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot h}{2 \cdot J} = \frac{104380 \times 1.74}{2 \times 0.021918} = 4.14 \text{ МПа} < [\sigma]$$

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Предложена е аналитична методика за определяне на сеизмичните натоварвания в носещата конструкция на главна греда на козлови кран, посредством използване на изчислителен модел със съсредоточени маси.

Разработената методика може да бъде прилагана и/или съблюдавана при извършване на оптимален избор, производство и проектиране на конструкции на козлови кранове за обслужване на промишлени складове, в които се съхраняват материали с висока степен на обществен риск (взривоопасни материали, токсични материали и др.), където специално внимание трябва да бъде обърнато не само върху основните експлоатационни технически характеристики на крана, но също така и върху неговата сеизмоустойчивост, съобразно земетръсния риск за района, където е разположен склада.

Разработената методика е приложена за конкретен числен пример от практиката. Въз основа на това са изчислени напреженията в материала и е установено влиянието на вертикалното сеизмично въздействие върху напрегнатото състояние на носещата конструкция на главната греда на козлови кран с товароподемност 32 тона и отвор 25 метра, при два случая – при случай на разполагане на окачения товар в средата на главна греда (схема на натоварване 1) и при случай на разполагане на окачения товар в края на конзолата (схема на натоварване 2).

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Коцев Н., К. Радлов, Якостна проверка на носещата конструкция на мостов кран в условията на сеизмично въздействие „Механика на машините”, Изд. на ТУ–Варна, № 87, година XVIII, кн. 3, 2010, 71-76 стр.
- [2] Радлов, К., Ж.Илиев, Избор на подемно-транспортни машини за обслужване на открит строителен склад, Сборник с Доклади, XI-та Национална конференция с международно участие по Открит и Подводен Добив на Полезни Изкопаеми, стр.215-222, гр. Варна, 2011
- [3] БДС EN 13001-2:2021 Безопасност на кранове. Общо проектиране. Част 2: Натоварвания“

- [4] Наредба № РД-02-20-2 от 27 януари 2012 г. за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони“
- [5] Иванов А., Основи на сеизмичната механика, издателство "АРТЕ НОВО", София, 2003г
- [6] БДС EN 1998 “Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия” (Еврокод 8)

## ON THE INVESTIGATION OF THE BEARING STRUCTURE OF THE MAIN BEAM OF A GATE CRANE UNDER CONDITIONS OF DYNAMIC EARTHQUAKE LOADING

Lachezar Lazov<sup>1</sup>, Evelina Rinkova<sup>2</sup>, Dragomir Vrazhilski<sup>3</sup>, Krasimir Krastanov<sup>4</sup>  
[lcho@mail.bg](mailto:lcho@mail.bg), [rtot\\_eva@abv.bg](mailto:rtot_eva@abv.bg), [dragomir4424@gmail.com](mailto:dragomir4424@gmail.com), [kkrastanov@vtu.bg](mailto:kkrastanov@vtu.bg)

<sup>1,3</sup> TU, Sofia, 8 Kliment Ohridski Blvd

<sup>2</sup> UASG, Sofia, 1 Hristo Smirnenski Blvd

<sup>4</sup> VTU "T. Kableshkov", Sofia, 158 Geo Milev St

REPUBLIC OF BULGARIA

**Key words:** *lifting machines, dynamic loading, gantry crane, technical characteristics, seismic resistance, main beam.*

**Abstract:** *By the design and/or optimal selection of heavy gantry cranes, which are working in hazard areas and warehouses, where hazard materials are stored (explosive, toxic, etc.), it is necessary to be considered not only the required technical characteristics of crane (lifting height, crane span, hoist capacity, etc.), but also the seismic capacity and earthquake sustainability of the crane, depending on the level of earthquake risk for the region, where the crane warehouse is located. The present development is devoted to research of gantry crane main beam bearing structure, in case of earthquake loadings. There is an analytic methodology developed for determining the seismic loads acting in the main beam bearing structure, in case of vertical earthquake loadings. On the base of this methodology is given a particular example, which illustrates the practice application of this methodology.*