

УДК 621.86

© Нестеров А. П., Осипова Т. Н.

## **ДИНАМИКА КАНАТА ПРИ ВЫДВИЖЕНИИ ИЗ-ПОД КЛЕТИ КУЛАКОВ**

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

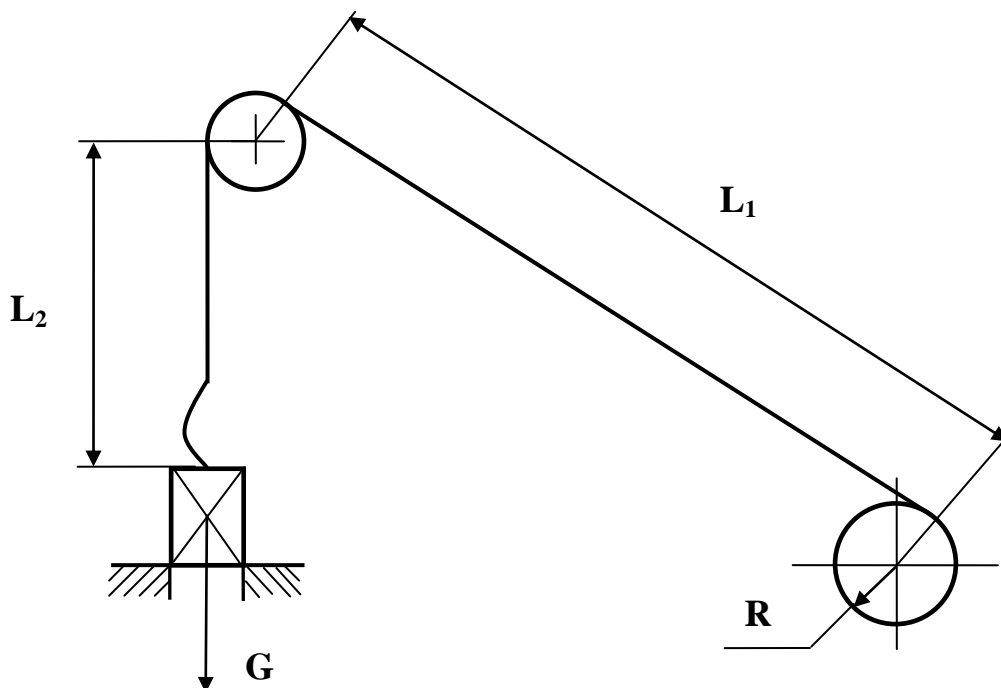
При оборудовании подъемника клетями используются посадочные кулаки, на которые опираются нижняя и верхняя клетки. После посадки верхней клетки на выдвижные кулаки за счет холостого хода тормозов и инерционности органа навивки барабан продолжает вращаться в сторону клетки, а канат образует петлю, которая может измеряться несколькими десятками сантиметров [1, 2]. После того как из-под клетки убирают кулаки, она до момента натяжения каната свободно падает, что вызывает колебания концевой массы на канате. Это приводит к увеличению динамических напряжений каната и к снижению его запаса прочности. Поэтому необходимо определить действительный динамический запас прочности каната.

### **ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ**

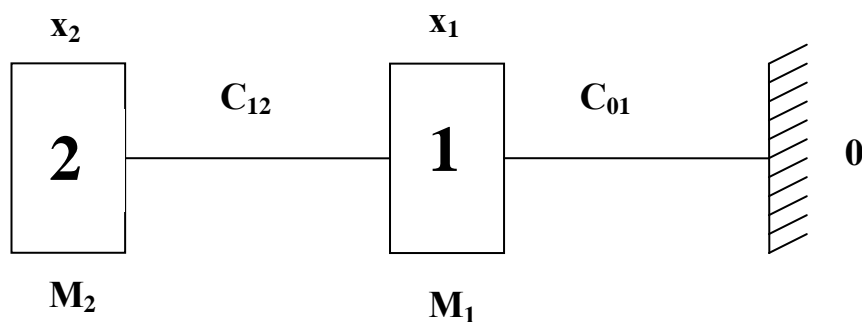
Целью проведенных нами исследований являлось определение коэффициентов динамичности и динамических запасов прочности ветвей канатов в зависимости от высоты падения клетки и веса концевой груза.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ**

Схема клетевой подъемной установки при формировании слабины каната у верхней клетки показана на рис. 1. Динамическая эквивалентная схема представлена на рис. 2.



**Рис. 1** – Схема посадки клетки на выдвижные кулаки с напуском каната:  
 $G$  – вес концевого груза;  $L_1 = 64$  м - длина каната между барабаном и направляющим шкивом;  $L_2 = 31$  м - длина каната между направляющим шкивом и клетью;  $R = 3$  м – радиус барабана



**Рис. 2** - Динамическая эквивалентная схема поступательно движущегося подъемника при падении клетки после выдвижения кулаков:  $M_1$  – приведенная к канату масса направляющего шкива,  $M_2$  – масса концевого груза,  $C_{01}$  – линейная жесткость каната между заклиненным барабаном и направляющим шкивом,  $C_{12}$  – линейная жесткость каната между направляющим шкивом и клетью

Колебание координат в эквивалентной схеме описывается следующей системой обыкновенных однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_1 \ddot{\tilde{\alpha}}_1 + \tilde{N}_{01} \tilde{\alpha}_1 + \tilde{N}_{12} \tilde{\alpha}_1 - \tilde{N}_{12} \tilde{\alpha}_2 &= 0; \\ \dot{I}_2 \ddot{\tilde{\alpha}}_2 + \tilde{N}_{12} \tilde{\alpha}_2 - \tilde{N}_{12} \tilde{\alpha}_1 &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

со следующими начальными условиями при  $t = 0$   $x_1(0) = 0$ ,  $\dot{\tilde{\alpha}}_1(0) = 0$ ,  $x_2(0) = 0$ ,  $\dot{\tilde{\alpha}}_2(0) = v_0$ .

Начальная скорость  $v_0$  определяется по формуле [1]

$$v_0 = \sqrt{2gh} \quad (2)$$

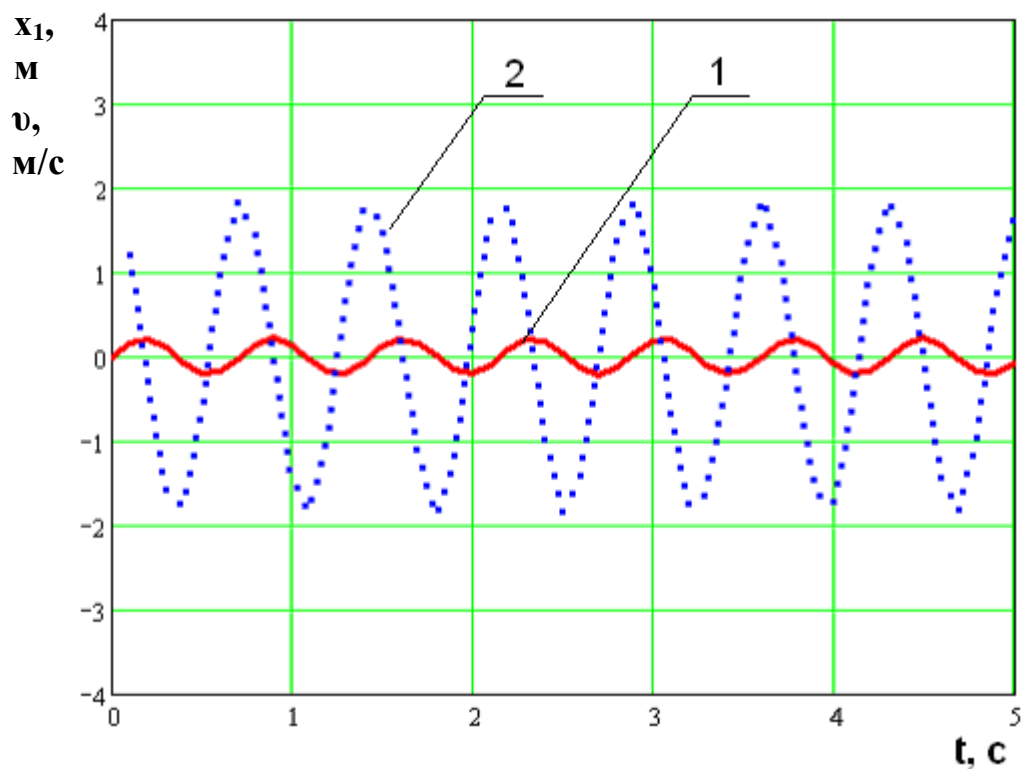
где  $h$  – высота падения клетки.

Для определения динамических усилий в упругих связях используются следующие выражения

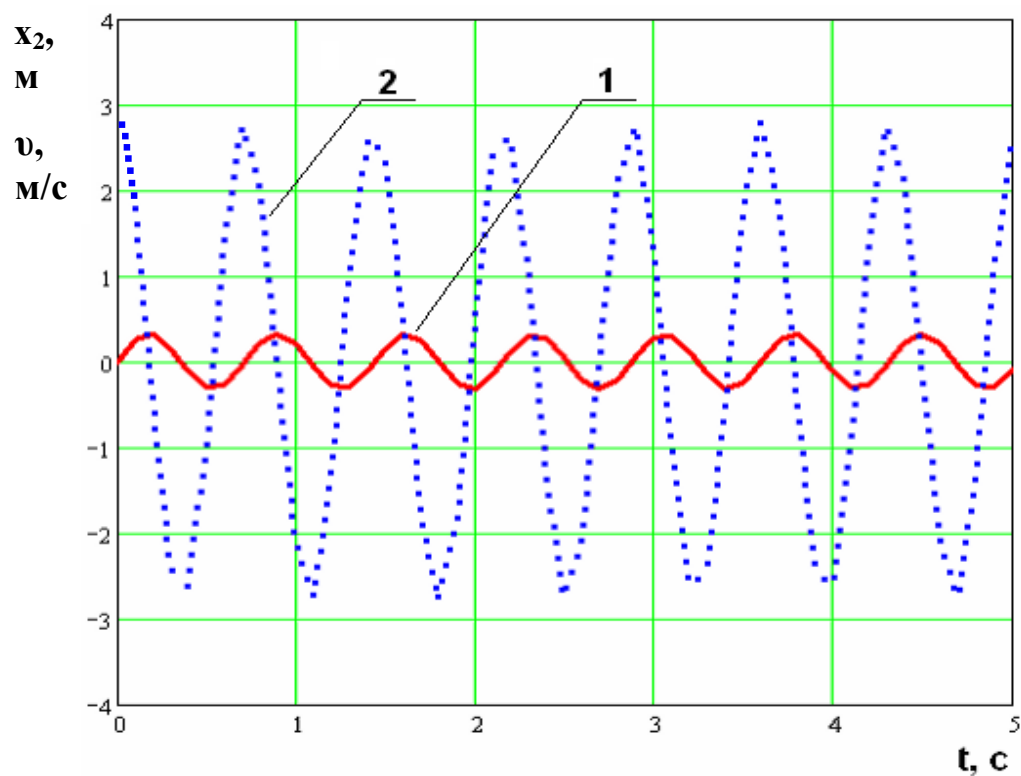
$$\begin{aligned} F_{\ddot{a}}^{01} &= \tilde{N}_{01} \tilde{\alpha}_1^{\max}, \\ F_{\ddot{a}}^{12} &= \tilde{N}_{12} (\tilde{\alpha}_2^{\max} - \tilde{\alpha}_1^{\max}). \end{aligned} \quad (3)$$

Проведем численный эксперимент, рассмотрев ряд случаев со следующими исходными данными: масса концевого груза –  $M_2 = 9,24 \dots 19,396$  т; вес концевого груза  $G = 90,644 \dots 190,274$  кН; масса направляющего шкива  $M_1 = 0,4$  т; жесткость каната длиной  $L_1$  –  $C_{01} = 2193 \cdot 10^3$  кН/м; жесткость каната длиной  $L_2$  –  $C_{12} = 4527 \cdot 10^3$  кН/м; высота свободного падения клетки  $h = 10 \dots 40$  см.

На рис. 3 приведены осциллограммы решения дифференциальных уравнений (1), из которых видно, что при падении клетки возникают колебания конечной массы и направляющего шкива с двумя главными частотами.



a)



б)

**Рис 3** – Осциллограммы перемещений дискретной массы (1) и её скорости (2): а) первая масса; б) вторая масса

Данные численного эксперимента сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Динамические параметры клетевой подъемной установки

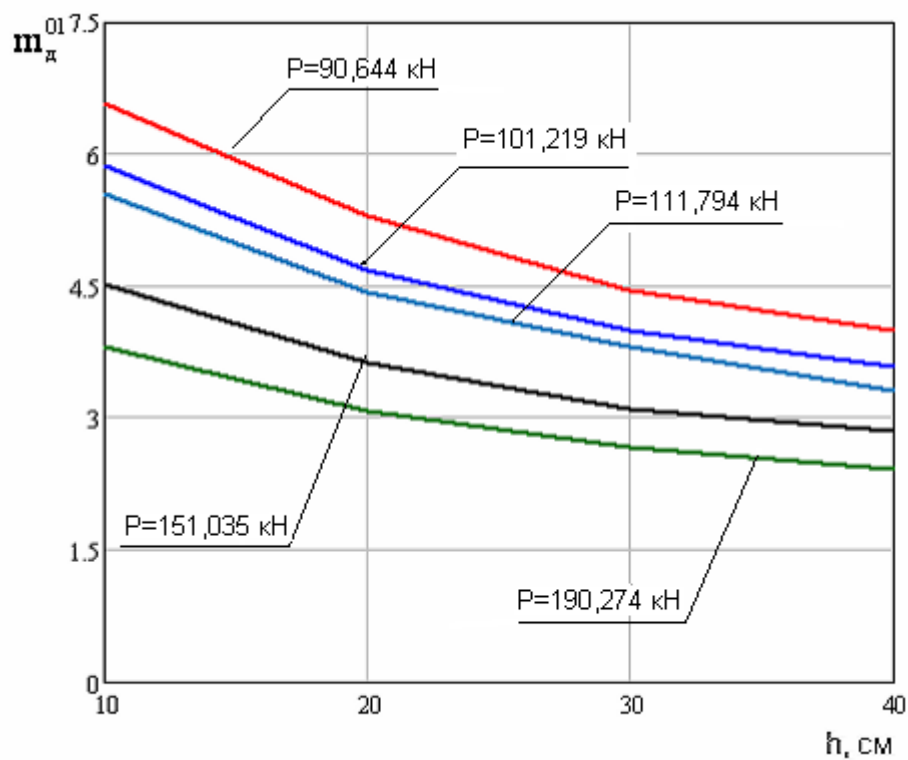
№ п/п	Высота падения клетки, h, см	Максимальная начальная скорость, v <sub>0</sub> , м/с	Координаты перемещения дискретных масс, м		Динамические усилия в ветвях канатов, кН		Динамический запас прочности ветвей канатов		Коэффициенты динамичности ветвей канатов	
			x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	F <sub>а</sub> <sup>01</sup>	F <sub>а</sub> <sup>12</sup>	m <sub>а</sub> <sup>01</sup>	m <sub>а</sub> <sup>12</sup>	μ <sub>01</sub>	μ <sub>12</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
для порожней клетки P = 90,644 кН										
1	10	1,401	0,075	0,105	164,5	135,8	6,566	7,4	1,815	1,5
2	20	1,981	0,103	0,148	225,9	203,7	5,292	5,69	2,49	2,247
3	30	2,426	0,13	0,18	285,1	226,3	4,458	5,284	3,145	2,497
4	40	2,801	0,15	0,21	329	271,6	3,992	4,624	3,63	2,997
для клетки с одной порожней вагонеткой P = 101,219 кН										
1	10	1,401	0,084	0,117	184,2	151,6	5,868	6,624	1,82	1,498
2	20	1,981	0,117	0,162	256,6	203,7	4,681	5,493	2,535	2,013
3	30	2,426	0,145	0,2	317,9	248,9	3,996	4,783	3,142	2,46
4	40	2,801	0,167	0,23	366,2	285,2	3,583	4,335	3,618	2,818
для клетки, груженной двумя порожними вагонетками P = 111,794 кН										
1	10	1,401	0,087	0,12	190,8	149,4	5,536	6,413	1,707	1,336
2	20	1,981	0,122	0,175	267,5	239,9	4,416	4,762	2,393	2,146
3	30	2,426	0,15	0,21	328,9	271,6	3,8	4,37	2,942	2,43
4	40	2,801	0,18	0,243	394,7	285,2	3,307	4,22	3,531	2,551
для клетки с одной порожней вагонеткой и одной груженой P = 151,035 кН										
1	10	1,401	0,1	0,14	219,3	181,1	4,523	5,043	1,452	1,199
2	20	1,981	0,142	0,202	311,4	271,6	3,622	3,963	2,062	1,798
3	30	2,426	0,178	0,245	390,3	303,3	3,094	3,687	2,585	2,008
4	40	2,801	0,2	0,284	438,6	380,3	2,841	3,153	2,904	2,518
для клетки с двумя гружеными вагонетками P = 190,274 кН										
1	10	1,401	0,114	0,16	250	208,2	3,804	4,203	1,314	1,094
2	20	1,981	0,161	0,225	353,1	289,7	3,083	3,49	1,856	1,523
3	30	2,426	0,2	0,278	438,6	353,1	2,663	3,083	2,305	1,856
4	40	2,801	0,23	0,325	504,4	430	2,411	2,7	2,651	2,26

Динамические запасы прочности в ветвях каната равны [3]

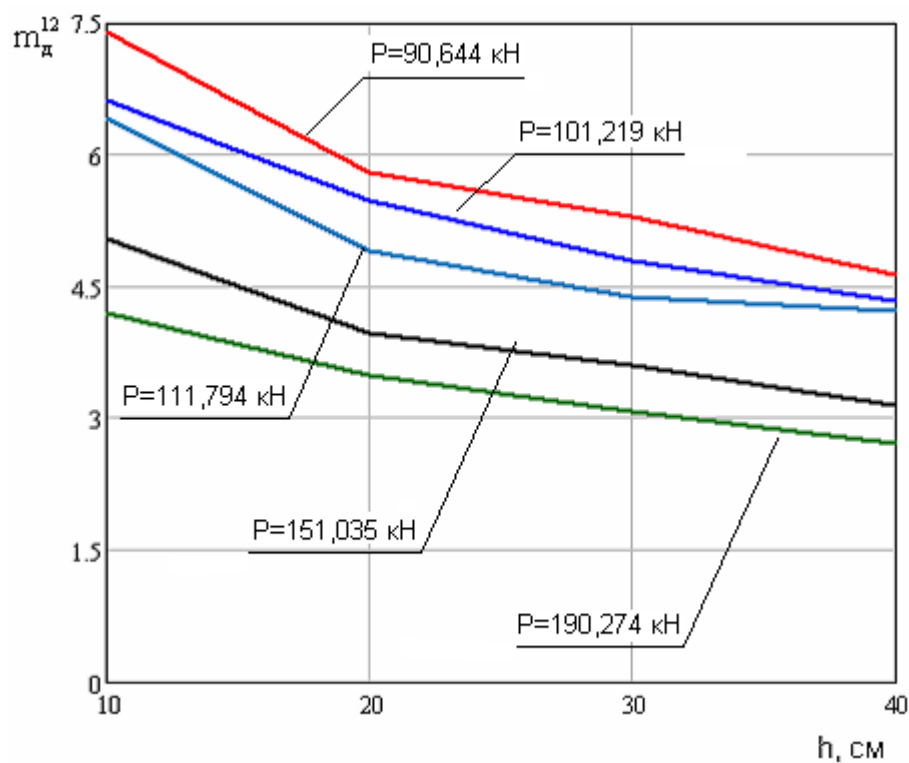
$$m_{\text{а}}^{01} = \frac{G_{\text{p}}}{G + F_{\text{а}}^{01}}, \quad m_{\text{а}}^{12} = \frac{G_{\text{p}}}{G + F_{\text{а}}^{12}} \quad (4)$$

где  $G_{\text{p}} = 1675$  кН – суммарное разрывное усилие всех проволок каната.

Графики изменения запасов прочности ветвей канатов в зависимости от высоты падения клетки и веса концевого груза представлены на рис. 4.



а)



б)

**Рис. 4** – Графики изменения запасов прочности ветвей канатов в зависимости от высоты падения клетки и веса концевого груза: а) канат длиной  $L_1$ ; б) канат длиной  $L_2$

Коэффициенты динамичности в упругих связях – канатах – определяются по следующим формулам

$$\mu_{01} = \frac{F_{\ddot{a}}^{01}}{G}; \mu_{12} = \frac{F_{\ddot{a}}^{12}}{G}. \quad (5)$$

## ВЫВОДЫ

1. Получена динамическая эквивалентная схема клетьевого подъемника при посадке верхней клетки на выдвижные кулаки с последующим ее падением.
2. Составлена система дифференциальных уравнений движения клетки при ее падении, после того как убраны посадочные кулаки.
3. На основании численного эксперимента определены перемещения дискретных масс, динамические усилия и коэффициенты динамичности в ветвях канатов, динамические запасы прочности в ветвях канатов в зависимости от высоты падения клетки и веса концевого груза.
4. Коэффициенты динамичности в ветвях канатов изменяются в пределах 1,094 ... 3,63.
5. Динамические запасы прочности ветвей канатов в зависимости от высоты падения клетки и веса концевого груза изменяются в пределах 7,4 ... 2,411.

## Список использованных источников

1. Осецкий В. М. Техническая механика / В. М. Осецкий. – М., 1962. – 471с.
2. Завозин Л. Ф. Шахтные подъемные установки / Л. Ф. Завозин. – М. : Госгортехиздат, 1960. – 357 с.
3. Нестеров А. П. Динамические усилия в канатах шахтного подъемника / А. Н. Нестеров, Т. Н. Осипова // Наук. вісн. будівництва. – Х., 2006. – Вип. 37. – С. 78–84.

***Нестеров А. П., Осипова Т. Н.*** Динамика каната при выдвижении из-под клетки кулаков

В статье определяется запас прочности каната при падении клетки после выдвижения кулаков.

***Нестеров А. П., Осипова Т. М.*** Динаміка каната при висуненні з-під клітини кулаків

В статті визначається запас міцності каната при падінні клітини після висунення кулаків.

***Nesterov A. P., Osypova T. N.*** Dynamics of Rope at Advancement of Keps Cage down

The margin of safety of rope at falling of cage after advancement of keps is determined in the article