



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS**

№2, ТОМ 14 (2008) 85-95

УДК 624.014:624.96.042:622

(08)-0157-1

ВПЛИВ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦІЙ ВКІСНИХ ШАХТНИХ КОПРІВ НА ПАРАМЕТРИ ОСОБЛИВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВІД РОЗРИВУ ПІДЙОМНОГО КАНАТА

В.М. Кущенко

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна 2, 86123, м. Макіївка, Україна.*

E-mail: snpcsh58@ mail.ru

Отримана 1 квітня 2008; прийнята 19 квітня 2008

Анотація. У статті наведені результати теоретичного дослідження впливу динамічних характеристик конструкцій шахтних копрів на параметри особливих навантажень від розриву підйомного каната. На підставі математичного моделювання динамічної взаємодії конструкцій шахтних копрів з підйомною машиною при затисканні судини, що піднімається, встановлений ступінь впливу сил інерції мас споруд на величину головного вектора навантаження від підйомних канатів. Для крупних підйомних машин, для екстремальних значень аварійних навантажень коефіцієнт динамічності складає 1,05-1,1. Для шахтних підйомних установок, обладнаних малими підйомними машинами, випадок, коли розрив підйомного каната неможливий, коефіцієнт динамічності складає 1,2-1,3. При проектуванні копрів необхідно враховувати вплив динамічного характеру навантажень від підйомних канатів.

Ключові слова: вкисні шахтні копри, аварійні навантаження, розрахунок будівельних конструкцій, коефіцієнти динамічності.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИЙ УКОСНЫХ ШАХТНЫХ КОПРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ОСОБЫХ НАГРУЗОК ОТ РАЗРЫВА ПОДЪЁМНОГО КАНАТА

В.Н. Кущенко

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина 2, 86123, г. Макеевка, Украина.*

E-mail: snpcsh58@ mail.ru

Получена 1 апреля 2008; принята 19 апрел я 2008

Аннотация. В статье приведены результаты теоретического исследования влияния динамических характеристик конструкций шахтных копров на параметры особых нагрузок от разрыва подъёмного каната. На основании математического моделирования динамического взаимодействия конструкций шахтных копров с подъёмной машиной при заземлении поднимающегося сосуда установлена степень влияния сил инерции масс сооружений на величину главного вектора нагрузки от подъёмных канатов. Для крупных подъёмных машин, для экстремальных значений аварийных нагрузок, коэффициент динамичности составляет 1,05-1,1. Для шахтных подъёмных установок, оборудованных малыми подъёмными машинами, случай, когда разрыв подъёмного каната невозможен, коэффициент динамичности составляет 1,2-1,3. При проектировании копров необходимо учитывать влияние динамического характера нагрузок от подъёмных канатов. Особенно значительное влияние сил инерции на напряжённо-деформированное состояние конструкций шахтных копров с расположением направляющих шкивов на одном уровне для крутильных форм колебания, в этом случае коэффициенты динамичности составляют 1,3-1,6.

Ключевые слова: укосные шахтные копры, аварийные нагрузки, расчёт строительных конструкций, коэффициенты динамичности.

THE DYNAMIC CHARACTERISTICS INFLUENCE OF CONSTRUCTIONS OBLIQUE HEAD FRAMES ON THE PARAMETERS OF THE SPECIAL LOADS BECAUSE OF LIFTING ROPE BREAK

V.N. Kushchenko

*The Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzhavin's 2 street, 86123, Makeyevka, Ukraine.
E-mail: snpcsh58@mail.ru*

Received 1 April 2008; accepted 19 April 2008

Abstract. In the article there are given the results of theoretical research of dynamic characteristics influence of head frames constructions on the special load because of lift parameters rope break. On the basis of mathematical design of dynamic interaction of head frame constructions with a lift machine while rising vessel gamming, the degree of forces influence of buildings mass on the size of main vector load has been set. For large lift machines, and extreme values of emergence load the dynamics coefficient is 1,05-1,1. For the lift mine settings equipped with small lift machines, the case, when the lift rope break is in possible, the coefficient of dynamics is 1.2-1.3. While designing of head frames it is necessary to take into the consideration the dynamic nature of lift rope loads. Especially the significant influence of forces inertia on the stressed deformed state of mine head frames constructions with placing of directive sheaves on the same level for oscillation of torsion forms in this case the dynamic coefficient are 1.3 - 1.6.

Keywords: head frame, loadings of emergencies, calculation of build constructions, coefficients of dynamic quality.

Актуальность

Укосные копры (рис. 1) являются конструктивной частью механической системы шахтных подъёмных установок и наиболее ответственными стальными сооружениями шахтной поверхности [1-6].

Основным недостатком существующих методик расчёта конструкций шахтных копров [1, 7-9] является пренебрежение динамическим характером нагрузок от аварийного натяжения подъёмных канатов. Вследствие этого результаты расчёта недостаточно достоверны. В работах [2, 3, 6, 11-18, 20] установлен динамический характер нагрузок от подъёмных канатов и в частности установлено, что при защемлении поднимающегося сосуда усилия в подъёмных канатах имеют импульсивный характер [11-14]. Аварийные нагрузки, возникающие при защемлении поднимающегося сосуда, значительно превышают рабочие нагрузки. В работах автора [14, 16] выполнены теоретические исследования и в результате математического

моделирования физических процессов, происходящих при защемлении поднимающегося сосуда, и установлены закономерности реализации экстремальных значений нагрузок от подъёмных канатов. Однако, вследствие импульсивного характера указанных аварийных нагрузок, при определении их расчётных значений, необходимо учитывать влияние динамических характеристик конструкций шахтных копров [14, 19, 21].

Объектом исследования являются стальные конструкции укосных шахтных копров во взаимодействии с механической системой подъёмных машин барабанного типа. Целью работы является определение влияния динамических характеристик конструкций шахтных копров (частоты и формы собственных колебаний) на нагрузочный эффект при аварийных нагрузках от защемления поднимающегося сосуда.

Методика работы. Определение влияния динамических характеристик конструкций

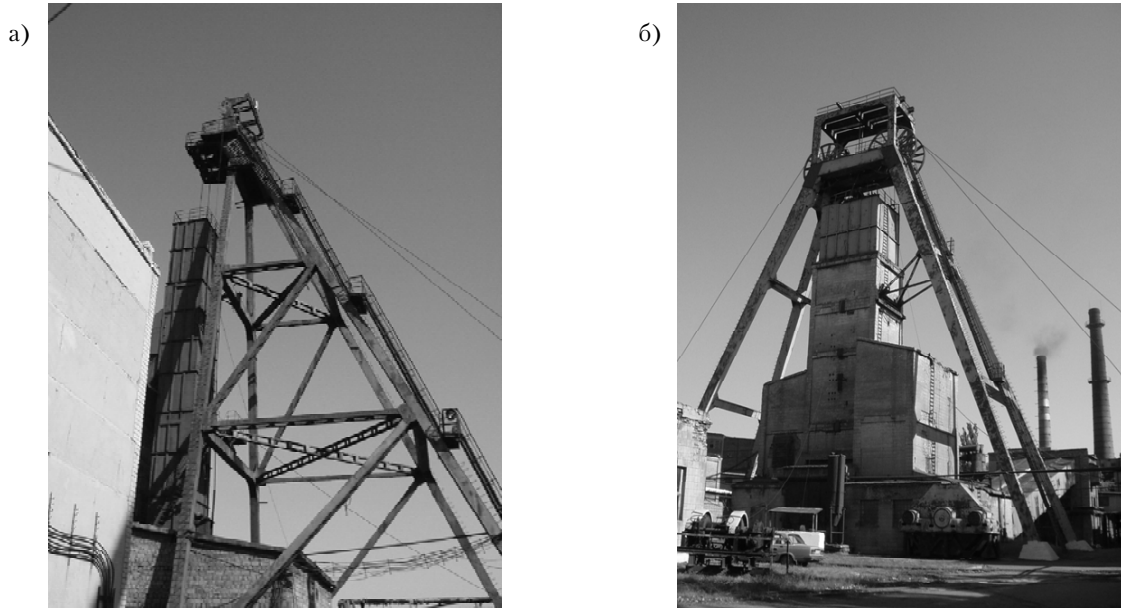


Рис.1. Укосные шахтные копры: а) полусферический; б) конический.

шахтных копров на нагрузочный эффект при аварийных нагрузках от заземления поднимающегося сосуда производилось на основании результатов математического моделирования динамического поведения механической системы «конструкции шахтного копра – механизм подъемной машины». Для описания динамического поведения конструкций шахтных копров использовались уравнения Лагранжа второго рода, которые приводились к системе неоднородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c_{x1} \dot{x}_1 - c_{x2} (x_2 - x_1) + k_1 \dot{x}_1 = 0; \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_{x2} (x_2 - x_1) + k_2 \dot{x}_2 = P_{2x}(t); \\ m_1 \ddot{y}_1 + c_{y1} \dot{y}_1 - c_{y2} (y_2 - y_1) + k_1 \dot{y}_1 = 0; \\ m_2 \ddot{y}_2 + c_{y2} (y_2 - y_1) + k_2 \dot{y}_2 = P_{2y}(t); \\ m_1 \ddot{z}_1 + c_{z1} \dot{z}_1 - c_{z2} (z_2 - z_1) + k_1 \dot{z}_1 = 0; \\ m_2 \ddot{z}_2 + c_{z2} (z_2 - z_1) + k_2 \dot{z}_2 = P_{2z}(t); \\ J_{z1} \ddot{\Theta}_{z1} + c_{\Theta z1} \dot{\Theta}_{z1} - c_{\Theta z2} (\Theta_{z2} - \Theta_{z1}) + k_1 \dot{\Theta}_{z1} = 0; \\ J_{z2} \ddot{\Theta}_{z2} + c_{\Theta z2} (\Theta_{z2} - \Theta_{z1}) + k_2 \dot{\Theta}_{z2} = M_{2z}(t); \\ J_{x1} \ddot{\Theta}_{x1} + c_{\Theta x1} \dot{\Theta}_{x1} - c_{\Theta x2} (\Theta_{x2} - \Theta_{x1}) + k_1 \dot{\Theta}_{x1} = 0; \\ J_{x2} \ddot{\Theta}_{x2} + c_{\Theta x2} (\Theta_{x2} - \Theta_{x1}) + k_2 \dot{\Theta}_{x2} = M_{2x}(t), \end{cases} \quad (1)$$

где: x_i, y_i, z_i - степени динамической свободы системы по линейным перемещениям, м;

Θ_x, Θ_z – степени динамической свободы по угловым перемещениям, рад;

k_i – коэффициент неупругого сопротивления;

$P_i(t)$ – переменные во времени внешние силы, разложенные по направлениям динамических степеней свободы, кН;

$M_i(t)$ – переменные во времени внешние сосредоточенные моменты, кН*м.

Математическая модель рассматриваемой механической системы реализована в виде вычислительной программы, состоящей из двух подпрограмм в среде программного комплекса «Mathcad-11». Первая подпрограмма производит вычисление динамических усилий в ветвях и струнах подъемного каната на всех стадиях изменения механической системы подъемной машины, моделирующих различные сценарии аварии при заземлении поднимающегося сосуда. Вторая подпрограмма производит вычисление переменной во времени нагрузки от натяжения ветвей подъемного каната, параметров упругих перемещений конструкций копра и значений инерционных нагрузок по направлениям динамических степеней свободы приведенных масс сооружения. Расчётные значения указанных составляющих особой нагрузки определялись по моменту времени, соответствующему амплитудному значению

упругих перемещений сооружения. Дальнейший расчёт производился на ПК «SCAD», в результате определялись амплитудные значения внутренних усилий в элементах конструкций. Путём вариации жесткостных и инерционных параметров конструкций шахтных копров определялась степень их влияния на амплитудные значения сил инерции, действующих на приведенные массы сооружений. Подробно методика математического моделирования динамического взаимодействия конструкций шахтных копров с подъемной машиной при различных авариях на шахтных подъемных установках описана в работах автора [14, 15, 16].

Результаты математического моделирования. В результате математического моделирования особых нагрузок от заземления поднимающегося сосуда при варьировании факто-

ров условий аварийной ситуации и технических характеристик подъемных машин установлены четыре типа сочетаний импульсивных нагрузок от натяжения ветвей подъемного каната (рис. 2). Типы «А» и «В» соответствуют случаю разрыва заземленной ветви, типам «С» и «D» соответствуют случаи, когда разрыв подъемного каната не происходит. Типы «А» и «С» по характеру изменения усилия натяжения заземленной ветви во времени являются импульсивными, а типы «В» и «D» - повторно импульсивными. Общая продолжительность нагружения при различных условиях составляет: для типа «А» - 0,1-0,4 с; для типа «С» - 0,6-1,8 с; для типа «В» - 0,3-0,8 с; для типа «D» - 0,6-1,8 с. Типы «А» и «С» характерны для длин заземленной ветви подъемного каната 75-500 м, типы «В» и «D» для длин заземленной ветви 400-1500 м.

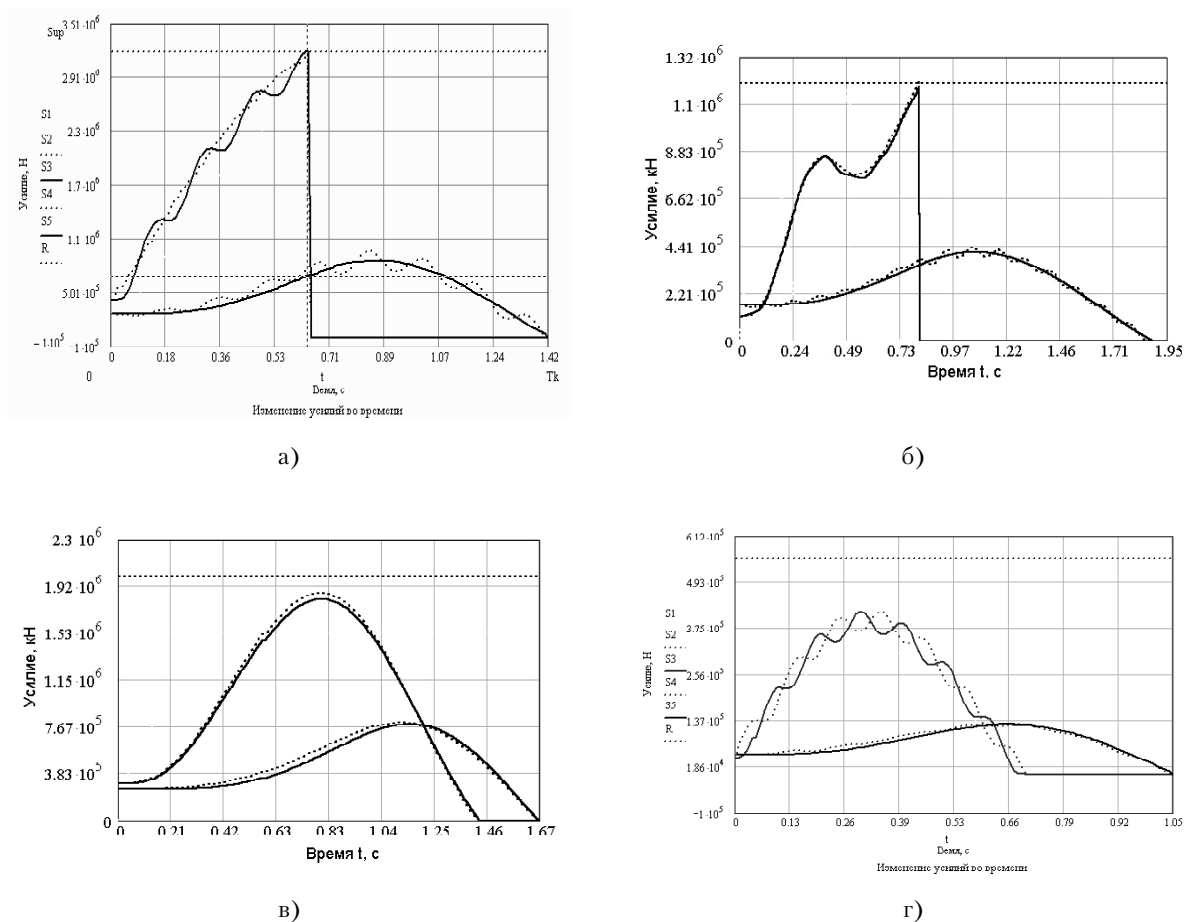


Рис. 2. Характерные типы сочетаний импульсивных нагрузок от подъемных канатов при заземлении поднимающегося сосуда: а) тип "А"; б) тип "В"; в) тип "С"; г) тип "D".

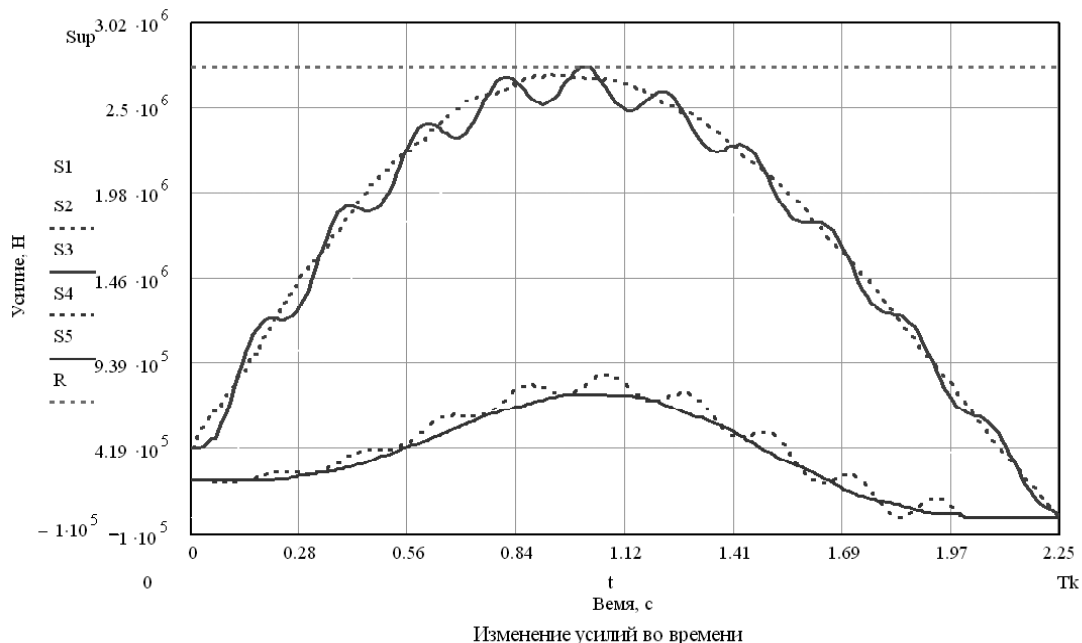


Рис. 3. Импульсы усилий в ветвях подъёмного каната, соответствующие экстремальному значению особой нагрузки для крупной подъёмной машины скипового подъёма: S_2, S_3 - усилия в заземлённой ветви, кН; S_4, S_5 - усилия в смежной ветви, кН; $R=P_c$ - разрывное усилие подъёмного каната, кН.

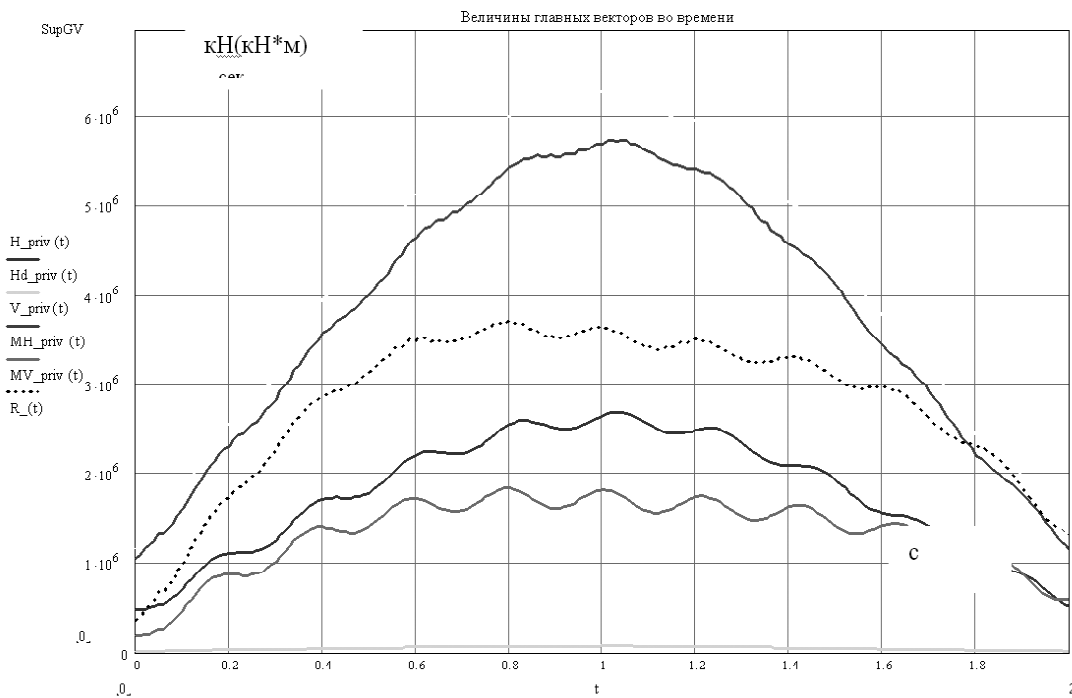


Рис. 4. Импульс главного вектора экстремальной особой нагрузки, разложенный по составляющим динамических степеней свободы конструкций шахтного копра: $H_{priv}, H_{dpriv}, V_{priv}$ - соответственно горизонтальная и вертикальная составляющие, кН; MH_{priv}, MV_{priv} - соответствующие моменты приведения, кН*м.

Общая продолжительность особого нагружения (от момента защемления сосуда до остановки барабана подъемной машины) ограничивается временем срабатывания системы аварийного торможения или моментом срабатывания шахтного парашюта. В случае срабатывания шахтного парашюта общая продолжительность нагружения составляет 1,5-3,5 секунды, при отсутствии шахтного парашюта общая продолжительность нагружения составляет примерно 5 секунд.

В результате анализа результатов численных экспериментов установлено, что экстремальные усилия в ветвях подъемного каната реализуются при защемлении поднимающегося сосуда в абсолютно жестком препятствии при импульсах типа "С" или "D", когда амплитуда усилия в защемленной ветви близка к разрывному усилию подъемного каната, однако разрыв не происходит (рис. 2). Таким образом, экстремальным усилиям соответствует синусоидальный закон изменения во времени главного вектора нагрузки (рис. 3).

Для дальнейших динамических расчетов конструкций шахтных копров нагрузки от натяжения подъемного каната приводились к главному вектору и моментам приведения. Главный вектор раскладывался по направлениям степеней динамической свободы приведенной массы сооружения (рис. 4).

Поскольку нижняя граница собственных частот поперечных колебаний укосных копров в направлении действия горизонтальной составляющей главного вектора и моментов приведения особой нагрузки изменяется в пределах от 2 до 4 Гц, для всех типов сочетаний импульсивных нагрузок выполняются условия: $0,1 < \tau/T_{1y} < 2,5$; $0,1 < \tau/T_{10} < 2,5$; $\tau/T_{1z} > 2,5$ (где: τ - продолжительность импульса, с; T_{1y} , T_{10} , T_{1z} - периоды наиболее низких собственных частот укосных копров: поперечных; крутильных; продольных). Вследствие этого, при воздействии на конструкции шахтных копров особых нагрузок для горизонтальных составляющих сил от натяжения подъемных канатов в пределах периода собственных колебаний возможно

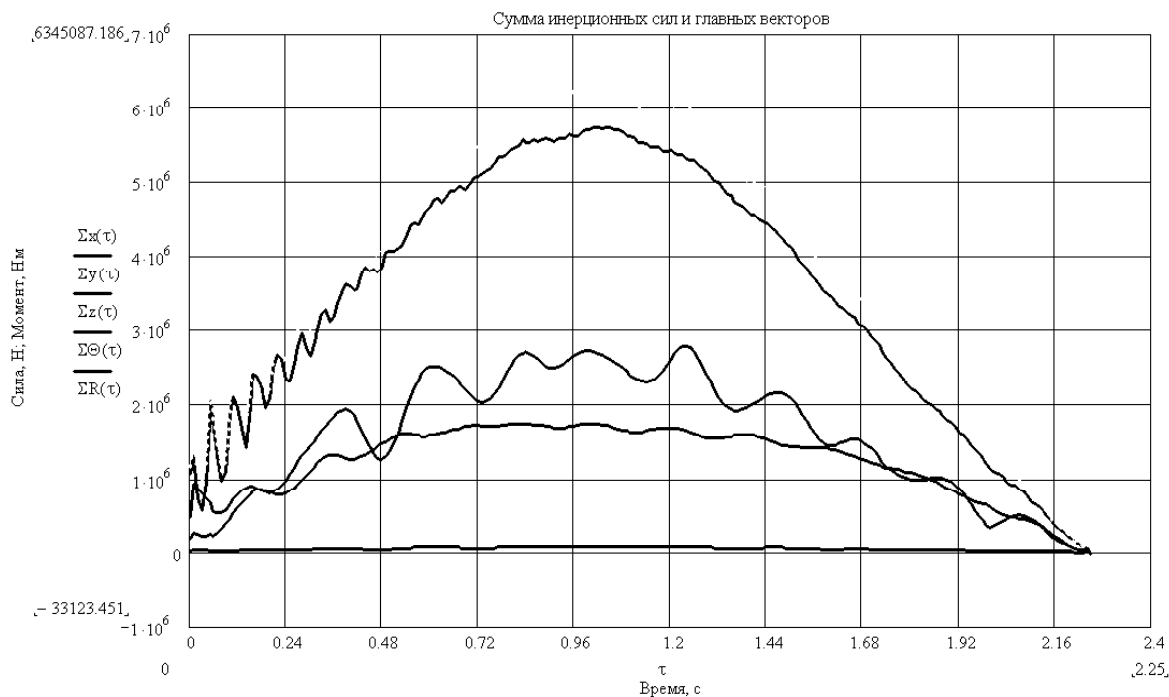


Рис. 5. Суммарные значения главного вектора особой нагрузки и его составляющих с силами инерции: $\Sigma R(t)$, Σx , Σz , Σy , $\Sigma \Theta$, - кН, кН*м.

возникновение существенных сил инерции, а для вертикальных составляющих - реакция сооружения зависит только от амплитудных значений действующих сил. На рис. 5 приведены результаты математического моделирования динамического взаимодействия конструкций шахтного копра с подъемной машиной при заземлении поднимающегося подъемного сосуда в абсолютно жестком препятствии (случай экстремальной аварийной нагрузки).

Для определения степени влияния сил инерции на экстремальные значения особых нагрузок шахтных копров был проведен численный эксперимент, по плану которого про-

изводилось определение коэффициентов динамичности по перемещениям конструкций шахтных копров при заземлении поднимающегося сосуда для характерных типоразмеров подъемных машин. Численные эксперименты проводились для копров со спектром собственных частот в диапазоне от 1 до 6 Гц по поперечным колебаниям изгибных и изгибно-крутильных форм, а также для частот от 25 до 40 Гц для продольных колебаний. Заземление поднимающегося сосуда моделировалось для случая абсолютно жесткого препятствия с неограниченной прочностью. При этом рассматривались группы технологически совместимых

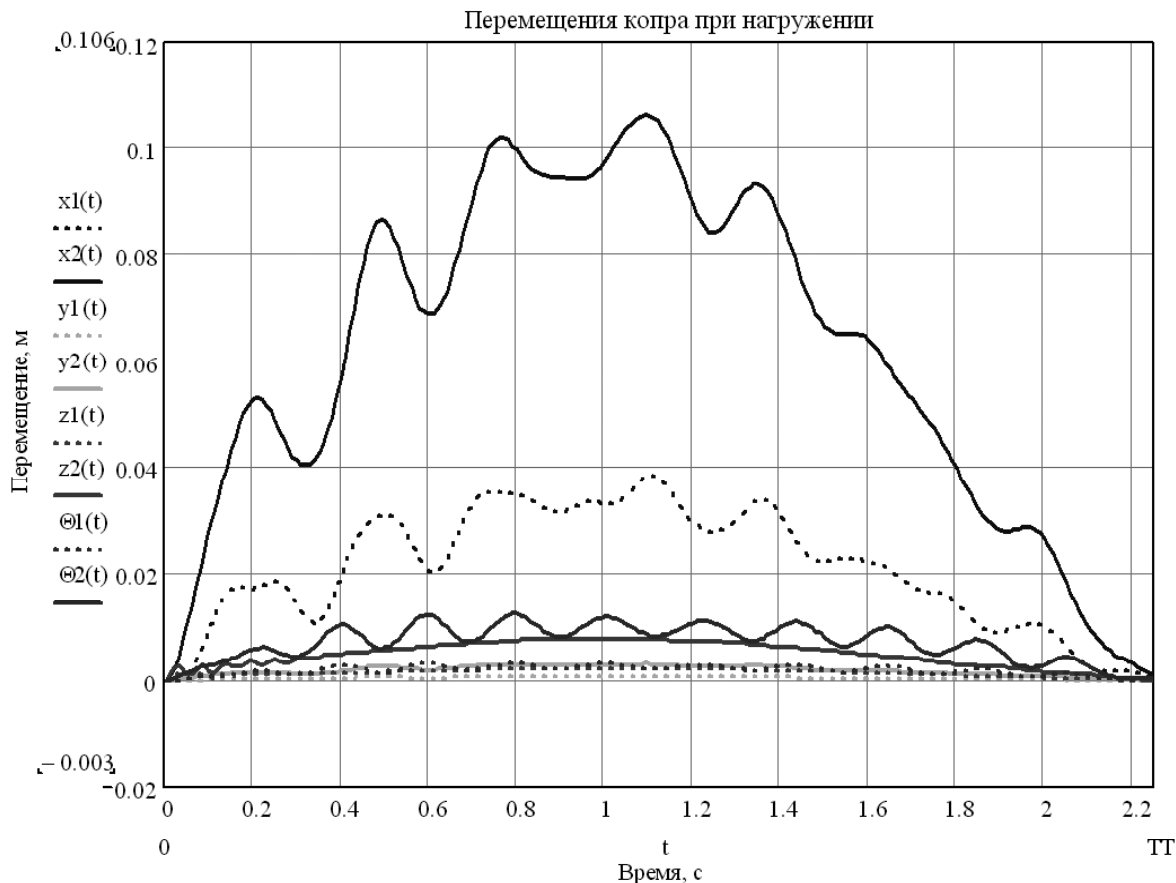


Рис. 6. Диаграмма перемещений конструкций копра комбинированной системы с расположением направляющих шкивов в двух уровнях при экстремальной особой нагрузке:

$x_1(t)$, $y_1(t)$, $z_1(t)$, $\Theta_1(t)$ – перемещения приведенной массы, сосредоточенной в центре тяжести масс сооружения на уровне верхней подшкивной площадки - м, рад;

$x_2(t)$, $y_2(t)$, $z_2(t)$, $\Theta_2(t)$ – перемещения приведенной массы, сосредоточенной в центре тяжести масс сооружения на уровне нижней подшкивной площадки - м, рад.

Таблица 1. Значения коэффициентов динамичности по направлениям динамических степеней свободы.

Типоразмер подъёмной машины	V, м/сек	Коэффициенты динамичности по перемещениям				
		$K_{\partial x}$	$K_{\partial y}$	$K_{\partial z}$	$K_{\partial \Theta}$	$K_{\partial R}$
Разрыв подъёмного каната невозможен						
БМ2500-20302 (клетевые)	1-3	1,4-1,5	1,5-1,6	1,1-1,15	1,2-1,24	1,14-1,2
2БМ2500-1220 (клетевые)	1-3	1,5-1,53	1,55-1,6	1,21-1,23	1,23-1,27	1,16-1,25
Ц - 3x2.2 (клетевые)	1-8	1,3-1,5	1,4-1,6	1,2	1,22-1,45	1,15-1,2
2Ц-3.5x1.7 (клетевые)	1-6	1,23-1,5	1,3-1,6	1,2	1,2-1,4	1,15-1,2
ШПУ 6.5 (клетевые)	2-6	1,36	1,5	1,05-1,1	1,1-1,17	1,1-1,15
Разрыв подъёмного каната возможен						
2Ц-3.5x1.7 (скиповые)	8-10	1-1,1	1-1,2	1,02	1,02-1,05	1,06-1,1
ШПУ 6.5 (клетевые)	8	1,2	1,45	1,03	1,07	1,1
ШПУ 6.5 (скиповые)	10-14	1-1,12	1-1,1	1	1,04-1,1	1-1,02

технических характеристик подъёмных машин и конструкций шахтных копров. Полученные в результате численных экспериментов коэффициенты динамичности по перемещениям для характерных сочетаний конструкций укосных шахтных копров и подъёмных машин приведены в таблице 1.

В таблице 1 приняты следующие обозначения перемещений:

X – горизонтальное перемещение подшкивной площадки в направлении горизонтальной составляющей равнодействующей от натяжения подъёмных канатов, м;

Y – линейное горизонтальное перемещение подшкивной площадки в направлении горизонтальной составляющей равнодействующей от натяжения подъёмных канатов в направлении перпендикулярном плоскости направляющих шкивов, м;

Z – линейное вертикальное перемещения подшкивной площадки, м;

Θ – угловое перемещение подшкивной площадки в горизонтальной плоскости (крутильная форма), рад;

R – линейное перемещение подшкивной площадки в направлении главного вектора

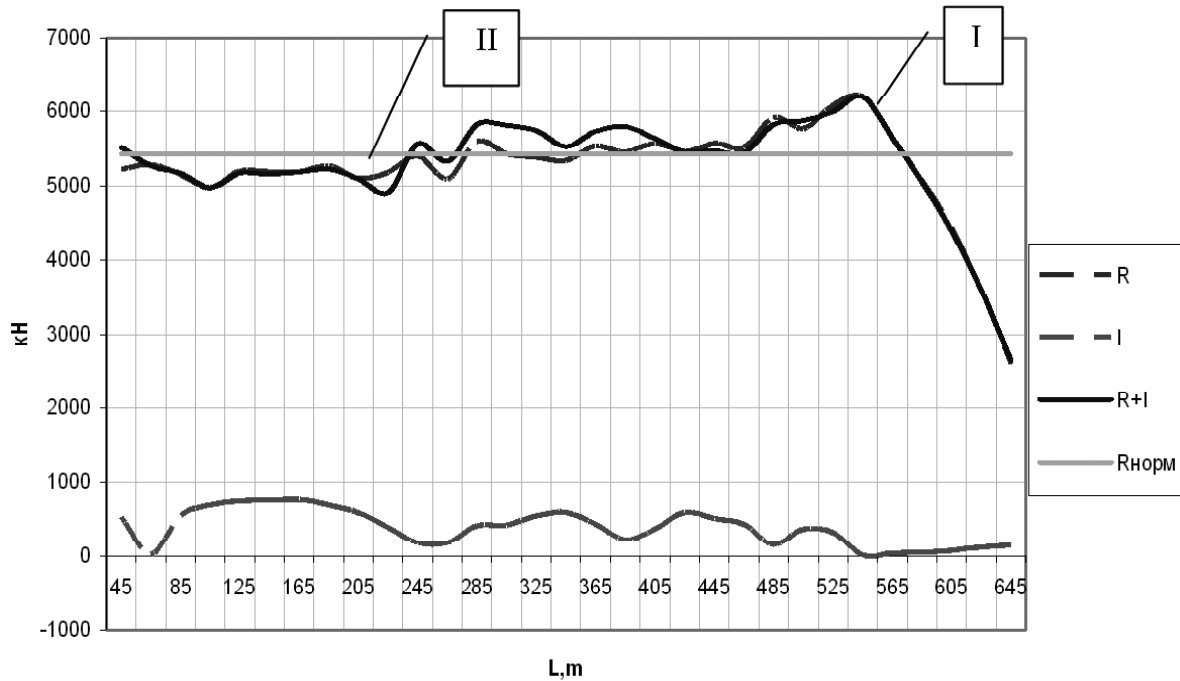


Рис. 7. Влияние сил инерции на главный вектор особой нагрузки:

R —главный вектор равнодействующих усилий от натяжения ветвей подъёмного каната, кН;
 J —сила инерции в направлении горизонтального перемещения подшкивной площадки, кН ;
 "Г"—экстремальная особая нагрузка в случае возможности разрыва подъёмного каната при защемления поднимающегося сосуда, кН;
 "II"—экстремальная особая нагрузка в случае, если в результате защемления поднимающегося сосуда невозможен разрыв подъёмного каната, кН.

равнодействующих от натяжения ветвей подъёмного каната, м.

В результате эксперимента установлено, что для малых подъёмных машин характерная форма импульса экстремальной особой нагрузки соответствует виду "Г". В этом случае наблюдаются следующие значения коэффициентов динамичности:

- по горизонтальным перемещениям в направлении подъёмной машины
 $K_{dx} = 1,4...1,5$;
- по горизонтальным перемещениям по крутильной форме колебаний
 $K_{d\theta} = 1,2...1,6$;
- по вертикальным перемещениям –
 $K_{dz} = 1,1...1,2$;
- по перемещениям в направлении действия главного вектора особой нагрузки –
 $K_{dR} = 1,1...1,3$.

В случае если разрыв подъёмного каната возможен, для экстремальных особых нагрузок характерны импульсы вида "В" или "Г", при этом усилие в подъёмном канате приближается к разрывному усилию, однако разрыв не происходит. Для импульсов указанного вида при частотах диапазона собственных колебаний копров от 2 до 10 Гц установлены следующие величины коэффициентов динамичности:

- по горизонтальным перемещениям в направлении подъёмной машины –
 $K_{dx} = 1,05...1,1$;
- по горизонтальным крутильным формам перемещений подшкивных площадок –
 $K_{d\theta} = 1,2...1,6$;
- по вертикальным перемещениям – $K_{dz} = 1$;
- по перемещениям в направлении действия главного вектора особой нагрузки –
 $K_{dR} = 1,05...1,1$.

Характерный вид диаграммы перемещений приведенной массы конструкций укосного копра с расположением направляющих шкивов в одной плоскости приведен на рис. 6. Характерные колебания масс сооружения относительно динамического положения равновесия происходят с частотой 1,67 Гц и соответствуют частоте вынужденных колебаний в подсистеме "механизм подъёмной машины". Максимальные динамические перемещения происходят в горизонтальном направлении, для массы сосредоточенной на уровне верхней подшкивной площадки амплитуда перемещений составляет 106 мм, горизонтальное перемещение массы сосредоточенной на уровне нижней подшкивной площадки составляет 40 мм. Вертикальные перемещения верхней подшкивной площадки составляют 8 мм. Общая продолжительность импульсивного воздействия 2,2 сек. Частота тона собственных колебаний 3 Гц, который в данном случае соответствует изгибной форме поперечных колебаний, $\tau/T_{1y} = 6,61$, что соответствует коэффициенту динамичности равному 1. Приведенный пример является характерным и отражает общую закономерность динамического поведения конструкций шахтных копров оборудованных крупными и малыми подъёмными машинами (для которых возможен разрыв подъёмного каната) при действии экстремальных особых нагрузок (см. точка "I" рис. 7).

Выводы

В результате выполненного численного эксперимента установлены следующие закономерности влияния сил инерции на величину особых нагрузок:

- для конструкций шахтных копров, оборудованных малыми и крупными подъёмными машинами, в случае, если кинетической энергии вращающихся частей подъёмной машины не достаточно для разрыва подъёмного каната, коэффициент динамичности по горизонтальной составляющей равнодействующей усилия натяжения заземлённой ветви не зависит от скорости подъёма и составляет $K_{0x} = 1,5$, при этом коэффициент динамичности по вертикальному перемещению составляет $K_{0z} = 1,2$ (точка "II" рис. 7);
- для конструкций шахтных копров, оборудо-

ванных крупными подъёмными машинами, в случае, если кинетической энергии вращающихся частей подъёмной машины достаточно для разрыва подъёмного каната, коэффициент динамичности по перемещению в направлении главного вектора особой нагрузки близок к единице (точка "I" рис. 7).

Литература

1. Бровман Я.В. Надшахтные копры. – М.: Госгортехиздат 1961г. – 239с.
2. Завозин Л.Ф. Шахтные подъёмные установки. Изд. 2-е переработ. и доп.–М.: Недра, 1975. – 368 с.
3. Ильичев А.С. Собрание трудов/Шахтные подъёмные установки.– М.: Углетехиздат, 1954. – Т. 2.– 208 с.
4. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976. – 304 с.
5. Правицкий Н.К. Рудничные подъёмные установки– М.: Госгортехиздат, 1963. – 416 с.
6. Белый В.Д., Лесин К.К., Самарский А.Ф. Выбор, навеска, эксплуатация и контроль состояния шахтных канатов.– М.: Недра, 1967. – 227 с.
7. ВСН 46-75. Инструкция по определению нагрузок на здания и сооружения угольной промышленности. – Донецк, 1977. – 89 с.
8. РД 12.005-94. Металлические конструкции шахтных копров. Требования к эксплуатации.– К.: Госуглепром Украины, 1994.– 68 с.
9. Указания по определению нормативных нагрузок и коэффициентов перегрузки для надшахтных зданий и сооружений предприятий угольной промышленности.– К.: Будівельник, 1964. – 81с.
10. Кущенко В.Н. Параметры и факторный анализ особых нагрузок укосных шахтных копров от защемления поднимающегося сосуда//Металлические конструкции.–2006.–Т.12, №4.–С.217-232.
11. Кущенко В.Н., Кострицкий А.С. Динамический расчёт укосных шахтных копров на особые нагрузки от заклинивания поднимающегося сосуда // Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее: VIII Украинской научно-технической конференции. Сб. науч. трудов.– К., 2004. – С. 267-276.
12. Кущенко В.Н. Учёт динамического характера усилий в подъёмных канатах при расчёте строительных конструкций укосных шахтных копров // Металлические конструкции.– 2006.– Т.11, №3.– С. 171-185.
13. Кущенко В.Н Совершенствование методики расчёта укосных шахтных копров на действие особых нагрузок от внезапной остановки поднимающегося сосуда // Металеві конструкції.–2005.– Т.8, №1.–С.53-65.
14. Кущенко В.Н. Обеспечение безопасности строительных конструкций укосных шахтных копров: Монография. –Макеевка, ДонНАСА, 2006.–203 с.

15. Кущенко В.Н., Кострицкий А.С. Методика математического моделирования особых нагрузок на конструкции шахтных копров от заклинивания поднимающейся клетки // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.- Матківка, 2004.- Вип. 2004-2(44).-С. 35-45.
16. Кущенко В.Н. Параметры и факторный анализ особых нагрузок укосных шахтных копров от заземления поднимающегося сосуда // Металлические конструкции.- 2006.-Т.12, №4.-С.217-232.
17. Балкарей И.М., Колтакова Г.В. Колебания укосных копров при экстренном разрыве шахтного подъемного каната//В кн.: Динамика и прочность строительных конструкций. Киев: Будівельник, 1967, С. 50-64.
18. Дворников В.И., Кърцелин Е.Р. Теоретические основы динамики шахтного подъемного комплекса.- София, 1997. – 364 с.
19. ISO 13380:2002. Condition monitoring and diagnostics of machines. General guidelines on using performance parameters
20. Kejriwal B.K. Safety in mines. – Dyanbad, 1994.
21. Kulyabko V.V. Drawing up of the dynamic models of long-shan and high-rise RS buildings and structures in the time of the diagnostics// Proc. 2nd RILEM International Conf. Štrbské pleso "Diagnosis of Concrete Structures".- Bratislava (Slovakia).-1996.- P. 382-385.

Кущенко Володимир Миколайович є доцентом кафедри "Металеві конструкції" Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Української асоціації з металевих конструкцій. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи та удосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій гірничотехнічних споруд.

Кущенко Владимир Николаевич является доцентом кафедры "Металлические конструкции" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям. Научные интересы: исследование действительной работы и, совершенствование методов расчёта строительных конструкций горнотехнических сооружений.

Kuschenko Volodymyr is an assistant professor of Metal Structures chair at Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of Ukrainian Association of Metal Structures. His research interests include the essential work and perfection of calculation methods for building structures of mine engineering construction.