

УДК 622.272:622.8

*В.Н. Бобровников, Е.Г. Булдакова*

**АНАЛИЗ УЧЕТА ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ И ПРИЧИН  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ШАХТАХ  
ОАО «ВОРКУТАУГОЛЬ»**

Семинар № 11

**Т**равматизм, профзаболеваемость и ущерб на шахтах ОАО "Воркутауголь" в течение длительного времени, как и в целом по России, остается на высоком уровне (табл. 1, 2, рис. 1).

Природа травмирующих факторов, действующих в производственных условиях разнообразна. В угольной промышленности 97 % воздействия травмирующих факторов приходится на физические, причем практически все они по своему характеру представляют собой механическое воздействие на работающих. Имеет место также воздействие химических факторов. Воздействие факторов химической природы составляет примерно 2.6 % и 0.4 % приходится на прочие травмирующие факторы.

Травмирующие факторы при несчастных случаях ОАО «Воркутауголь» за 2003 г. можно проанализировать по гистограмме (рис. 2).

Основными травмирующими факторами являются: падение человека – 208 несчастных случаев (33.9 %); при обрушении угля и породы – 143 несчастных случая (23.2 %); при падении предметов – 74 несчастных случаев (12.1 %). Такая тенденция сохраняется и в целом на предприятиях угольной промышленности России.

Среди непосредственных причин несчастных случаев по ОАО «Воркутауголь» за 2003 г. выделяются следующие:

- ошибочные действия пострадавших -146 (23,9 %);
- неудовлетворительная отборка навесов угля и породы -54 (8,8 %);
- нарушение правил при передвижении – 38 (6,2 %);
- нахождение пострадавших в опасной зоне действия машин - 24 (3,9 %);
- отсутствие временной или постоянной крепи -23 (3,7 %);
- некачественное крепление -20 (3,3 %);
- скрытые геологические нарушения -11 (1,8 %);
- нахождение в незакрепленном пространстве -8 (1,3 %).

На шахтах ОАО «Воркутауголь» в период 2000–2003 г. проводилась аттестация рабочих мест по условиям труда по фактору травмобезопасности. Аттестация производилась в соответствии с действующим нормативным документом – «Положением о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда», утвержденным постановлением Минтруда РФ от 14 марта 1997 г. №12.

Упомянутый документ при проведении оценки травмобезопасности рабочих мест предлагает учитывать следующие основные положения:

1. Основными объектами оценки травмобезопасности рабочих мест являются:
  - производственное оборудование;

Таблица 1

## Выплаты по профессиональным заболеваниям, производственным травмам и регресс в 2003 г.

Шахты	Проф. больных на предприятии			Число работающих людей, которым выплачивается регресс		Выплаты по производственным травмам		Выплаты по проф. заболеваниям	
	всего числящихся, чел.	вновь выявлено и принято к учету	продолжают работать на шахте кол-во, чел.	всего, чел.	в т.ч. из-за проф. заболеваний, чел.	всего затрат, тыс. руб.	в т.ч. произшедших в истекшем году	всего затрат, тыс. руб.	в т.ч. взятых на учет в истекшем году
"Северная"	34	31	10	507	3	3235.8	-	905	-
"Воркутинская"	282	16	33	516	220	2797.2	1613	931.8	452.8
"Аяч-Яга"	7	3	-	-	-	1021.45	1021.5	-	-
"Комсомольская"	9	16	9	492	139	18034	2958	7118	710
"Октябрьская"	127	22	2	504	133	9618	1610	1060	200
"Заполярная"	135	8	3	515	135	3706.8	1830.3	213	-

Таблица 2

## Производственный травматизм и профессиональные заболевания в 2003 г.

Шахты	Травмировано человек в истекшем году			Переведено на инвалидность человек в истекшем году			Количество дней нетрудоспособности в истекшем году	
	Всего	в том числе		Всего	по причине произв. травмы	в т.ч. из-за проф. заболевания		
		тяжелые	смертельные					
"Северная"	143	1	1	18	17	1	2771	
"Воркутинская"	121	5	-	3	3	-	2874	
"Аяч-Яга"	61	4	-	13	10	3	1611	
"Комсомольская"	101	-	2	13	9	4	2910	
"Октябрьская"	71	1	1	9	1	8	3426	
"Заполярная"	119	3	-	19	12	7	2692	
<b>ОАО «ВУ»</b>	<b>616</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>75</b>	<b>52</b>	<b>23</b>	<b>16284</b>	

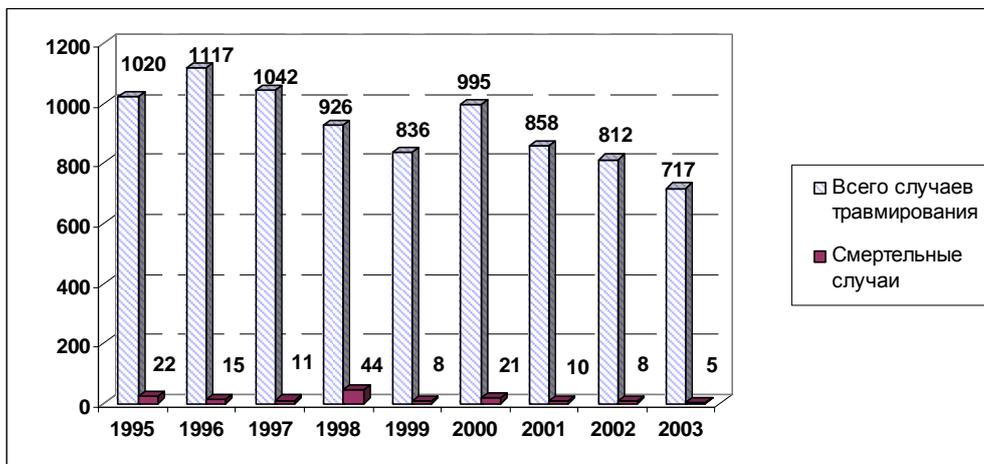


Рис. 1. Динамика травматизма в ОАО «Воркутауголь» за период 1995-2003 гг.

- приспособления и инструменты;
- обеспеченность средствами обучения и инструктажа.

2. Оценка производственного оборудования, приспособлений и инструмента производится на основе действующих и распространяющихся на них нормативных правовых актов по охране труда.

рабочих мест проверяется наличие, правильность ведения и соблюдение требований нормативных документов в части обеспечения безопасности труда. При этом необходимо учитывать наличие сертификатов безопасности установленного образца на производственное оборудование.

### 3. Перед оценкой травмобезопасности

### 4. Оценка травмобезопасности прово-

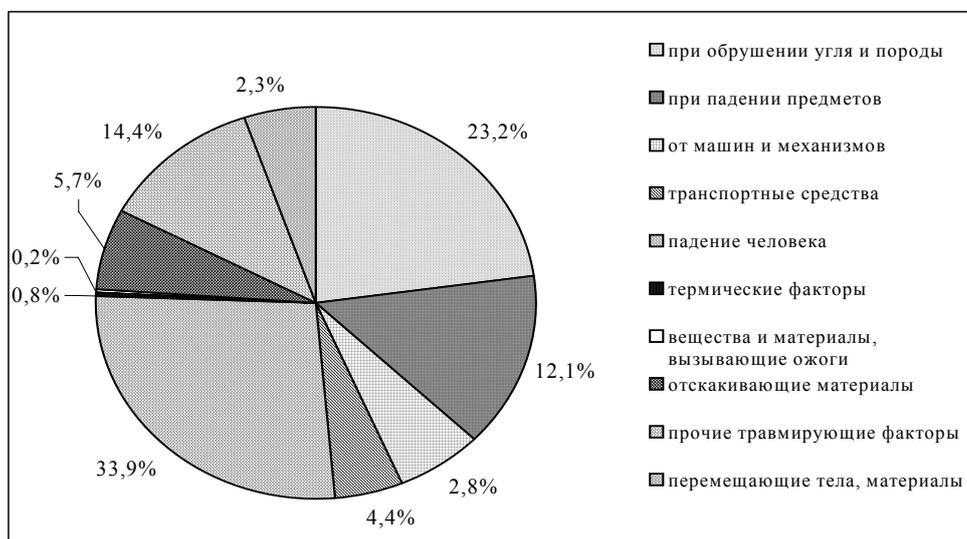


Рис. 2. Удельный вес травмирующих факторов по ОАО «Воркутауголь»

дится путем проверки соответствия производственного оборудования, приспособлений и инструмента, а также средств обучения и инструктажа требованиям нормативных правовых актов.

По результатам аттестации по фактору травмобезопасности рабочие места работников подземной группы шахт ОАО «Воркутауголь» оцениваются как оптимальные и допустимые. Не выявлено ни одного рабочего места с опасными условиями труда. При этом угольная отрасль является наиболее травмоопасной из всех отраслей промышленности Республики Коми.

Очевидно, что необходимо менять порядок проведения аттестации по этому факту. Для учета причин возникновения данных травмирующих факторов в «По-

ложение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда» необходимо включить параметры по фактору травмобезопасности, характеризующие состояние зданий и сооружений (в том числе подземных горных выработок). Только в этом случае удастся получить информацию, соответствующую истинному положению вещей.

Существующая система учета опасных факторов и причин производственного травматизма предусматривает накопление значительных объемов информации. Однако, используемые на угольных предприятиях показатели уровня травматизма не позволяют увидеть истинные причины и производственные параметры, от которых зависит безопасность производства.

#### **Коротко об авторах**

*Бобровников В.Н.* – доктор технических наук,  
*Булдакова Е.Г.* – кандидат технических наук,  
филиал СПГИ (ТУ) "Воркутинский горный институт".

#### **ДИССЕРТАЦИИ**

##### **ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
<b>ЧИТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ХАТЬКОВА Алиса Николаевна	Минералого-технологическая оценка промышленного цеолитсодержащего сырья для обоснования методов обогащения и получения товарной продукции	25.00.13	д.т.н
ГОРЯЧКИНА Анна Геннадьевна	Камнесамоцветное сырье Шерловогорского месторождения	25.00.11	к.г.-мн.н



УДК 622.831

Г.И. Соловьев

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОДОЛЬНО-ЖЕСТКОЙ УСИЛИВАЮЩЕЙ КРЕПИ ДЛЯ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

Семинар № 11

**В** процессе эксплуатации подготовительной выработки вследствие воздействия на каждый комплект арочной крепи различных по величине нагрузок  $q_i$  соединяющая отдельные арки балка может неравномерно изгибаться по длине выработки при перераспределении этих нагрузок между перегруженными и недогруженными комплектами крепи [1]. Для определения сил взаимодействия между арочной крепью и балкой рассмотрим 5 арок соединенных двутавровой балкой (рис. 1).

Уравнения метода сил для условий рис. 1 можно записать в виде [2]:

$$\begin{cases} (\delta_{11} + y_{11})X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 + \delta_{14}X_4 + y_{1q} = 0, \\ \delta_{21}X_2 + (\delta_{22} + y_{22})X_2 + \delta_{23}X_3 + \delta_{24}X_4 + y_{2q} = 0, \\ \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + (\delta_{33} + y_{33})X_3 + \delta_{34}X_4 + y_{3q} = 0, \\ \delta_{41}X_1 + \delta_{42}X_2 + \delta_{43}X_3 + (\delta_{44} + y_{44})X_4 + y_{4q} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\delta_{ik}$  – перемещения балки от воздействия силы  $X_k = 1$  по направлению действия силы  $X_i$ ;  $y_{ii}$  – перемещения в верхнем сечении  $i$ -й арки от единичной силы  $X_i$ ;  $y_{iq}$  – перемещения в верхнем сегменте  $i$ -й арки от нагрузки  $q$  по направлению действия силы  $X_i$ . Перемещения балки  $\delta_{ik}$  найдем с помощью метода начальных параметров.

Рассмотрим первое единичное сечение (рис. 2). Для первого единичного состояния

Рис. 1 Схема силового взаимодействия комплектов арочной крепи и балки крепи усиления

можно записать уравнение метода сил в виде:

$$EI_6 y(x) = EI_6 y_{01} + EI_6 \alpha_{01} x + 1x^3/6 - 5(x-4l)^3; \quad (2)$$

При  $x = 4l$  ( $y(4l) = 0$ ) и при  $x = 5l$  ( $y(5l) = 0$ ), тогда  $EI_6 y_{01} = 80 l^3/3$ .

Отсюда находим начальные параметры:

$$\delta_{11} = 80 l^3/3 EI_6; \quad \alpha_{01} = 28 l^2/3 EI_6. \quad (3)$$

При  $x = l$ ,  $x = 2l$ ,  $x = 3l$  находим перемещения в точках 2, 3 и 4 от действия силы  $X_1 = 1$ , т.е.

$$\begin{aligned} \delta_{12} = \delta_{21} = 17,5 l^3/3 EI_6; \quad \delta_{13} = \delta_{31} = \\ = 28 l^3/3 EI_6; \quad \delta_{14} = \delta_{41} = 19 l^3/3 EI_6; \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим второе единичное состояние (рис. 3).

Рассматривая за начало координат точку 2 из уравнения начальных параметров аналогично определяем:

$$EI_6 \alpha_{02} = -5,5 l^2, \quad EI_6 y_{02} = 12 l^3 \text{ т.е.}$$

$$\delta_{22} = 12 l^3/3 EI_6; \quad \delta_{23} = \delta_{32} = 20 l^3/3 EI_6;$$

$$\delta_{24} = \delta_{42} = 5 l^3/3 EI_6; \quad (5)$$

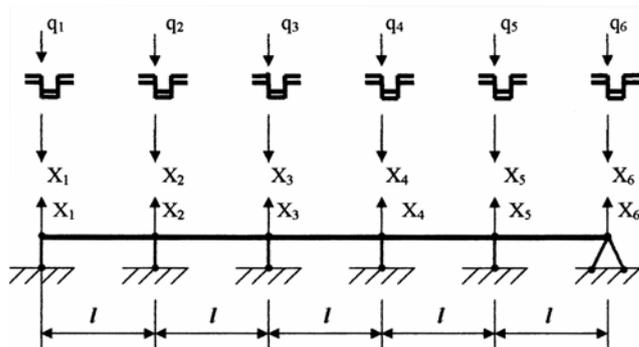


Таблица 1  
Значения грузовых коэффициентов

№/№	$\alpha$ , град	$EI \Delta^1_{1p}$	$EI \Delta^1_{2p}$	$X_1^1/R$	$X_2^1$	$y_{11} EI/R^3$
1	0	-0,875	-0,765625	0,21842924	0,2297501	0,033643066
2	10	-0,87075755	-0,76559375	0,23964721	0,21102551	0,026738726
3	20	-0,8581592	-0,7651172	0,25526489	0,19742431	0,023684078
4	30	-0,8375877	-0,76311885	0,26421436	0,18986112	0,0226672413
5	45	-0,79320975	-0,7536471	0,26452641	0,18951849	0,02254046
6	60	-0,7353753	-0,73071885	0,252933358	0,19741618	0,021426748
7	90	-0,59575053	-0,6260003	0,23023858	0,20525828	0,017064079

Таблица 2  
Значения грузовых коэффициентов при различной величине угла сегмента жесткости

$\alpha_i$ , град	0	10	20	30	45	60	90
$y_{iq}$	0,01064	0,008903	0,007813	0,007379	0,007315	0,006852	0,004924

Как и в предыдущем случае находим:  
 $EI \alpha_{03} = -8 l^2/3$ ,  $EI_6 y_{03} = 4 l^3$ , т.е.  
 $\delta_{33} = 4 l^3/EI_6$ ;  $\delta_{34} = \delta_{43} = 1,5 l^3/EI_6$ ; (6)

Рассмотрим четвертое единичное состояние (рис. 5).

Для четвертого единичного состояния, как и в предыдущих случаях, получим:

$EI_6 y_{04} = 2 l^3/3$ ,  $EI \alpha_{04} = -5 l^2/6$ , т.е.

$$\delta_{44} = 2 l^3/3EI_6; \quad (7)$$

Для определения смещений в верхнем сечении  $i$ -й арки от действия единичной силы надо арочную крепь загрузить единичной силой (рис. 6) и раскрыть статическую неопределенность при нагрузке  $P = 1$ . При этом единичные коэффициенты системы (1) будут такими же, как и при расчете пара-

метров арочной крепи с сегментом жесткости [2, 3].

Уравнения изгибающих моментов от  $X_1 = 1$ ,  $X_2 = 1$  и от половины единичной нагрузки (для сохранения симметрии) запишутся в виде:

$$\begin{aligned} M_1 &= 1, M_2^{I,II} = R(1 - \cos\varphi), M_2^{III} = Ry, \\ M_p^{I,II} &= -(R \sin \varphi)/2, \\ M_p^{III} &= -R/2. \end{aligned} \quad (8)$$

Рис. 2. Схема силового взаимодействия комплектов арочной крепи и балки для первого единичного состояния

Рис. 3. Схема силового взаимодействия комплектов арочной крепи и балки для второго единичного состояния

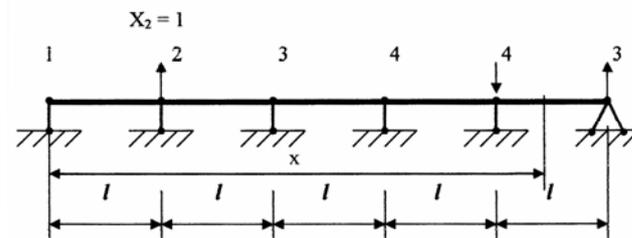
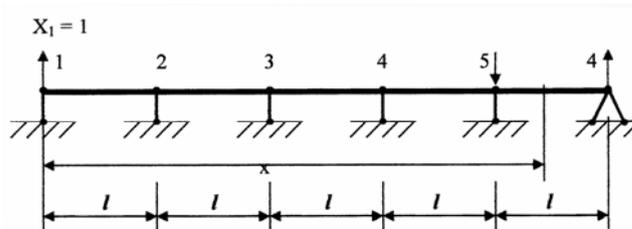
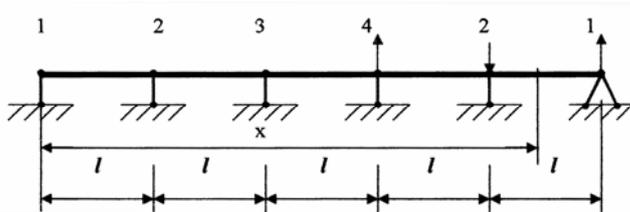
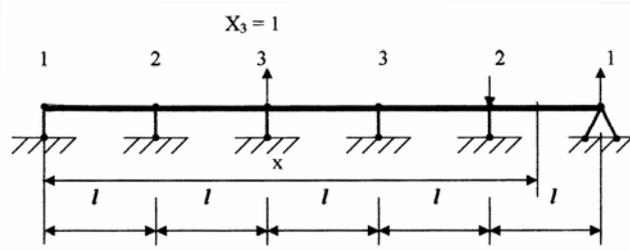


Рис. 4. Схема силового взаимодействия комплектов арочной крепи и балки для третьего единичного состояния

Рис. 5. Схема силового взаимодействия комплектов арочной крепи и балки для третьего единичного состояния



$$ds^{I,II} = R d\varphi; ds^{III} = dy = R dy.$$

Грузовые коэффициенты определяются из выражений:

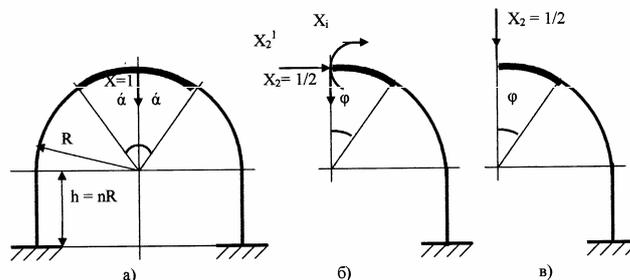
$$EI \Delta_{1p}^I = 1/\xi \int_0^s M_p^I M_I \cdot ds + \int_0^s M_p^{II} M_I^{II} ds + \int_0^s M_p^{III} M_I^{III} \cdot ds = -R^2/2 [1/\xi \int_0^{\pi/2} \sin\varphi d\varphi + \int_0^{\pi/2} \sin\varphi d\varphi + \int_1^{1+n} dy = R^2/2[(1 - 1/\xi)\cos\alpha + (1/\xi + n)]; \quad (9)$$

$$EI \Delta_{2p}^I = -R^2/2[1/\xi \int_0^{\pi/2} (1 - \cos\varphi)\sin\varphi d\varphi + \int_0^{\pi/2} (1 - \cos\varphi) \sin\varphi d\varphi + \int_1^{1+n} dy = -R^2/2\{[(1 - 1/\xi)(\cos\alpha - 1/4 \cos 2\alpha) + 1/4(3/\xi - 1) + 1/2[(1+n)^2 - 1]]\}; \quad (10)$$

В табл. 1 приведены значения грузовых коэффициентов ( $\Delta_{1p}^I$  и  $\Delta_{2p}^I$ ), неизвестных моментов  $X_1^I$  и продольной силы  $X_2^I$ , полученных из решения уравнений (1), (9) и (10).

Уравнения изгибающих моментов в заданном сечении

Рис. 6. Схема нагружения комплекта крепи: а) всей арки с сегментом жесткости, б) половины арки при действии вертикальной и продольной сил и изгибающего момента, в) половины арки под действием внешней силы



от единичной нагрузки (рис. 6,б) запишется в виде:

$$M^{I,II} = R [X_1 + X_2 (1 - \cos\varphi) - 1/2 \sin\varphi], \\ M^{III} = R(X_1 + X_2 y - 1/2). \quad (11)$$

Уравнения моментов от единичной силы для определения смещений  $y_{ii}$  (рис. 7) запишутся в виде:

$$M_1^{I,II} = -R \sin\varphi, ds = R d\varphi; M^{III} = -R, ds = R dy. \quad (12)$$

Смещения  $y_{ii}$  определяются по формуле Мора [1]:

$$y_{ii} = 1/EI \int_0^s M M_I \cdot ds \quad (13)$$

$$EI y_{ii} = R^3 \int_0^{\pi/2} \{ [1/2 \sin\varphi - X_1 - X_2(1 - \cos\varphi)] \times (\sin\varphi)/\xi \} d\varphi + R^3 \int_0^{\pi/2} \{ [1/2 \sin\varphi - X_1 - X_2(1 - \cos\varphi)] \times$$

Рис. 7. Схема приложения единичной силы для определения смещений  $y_{ii}$

$$\times (\sin \varphi) \, d\varphi - R^3 \int_0^{\alpha_i} (X_1 + X_2 y - 1/2) dy; \quad (14)$$

После интегрирования получим:

$$EI y_{ii} = R^3 \{ [(X_1 + X_2)(\cos \alpha_i - 1) + X_2/4(1 - \cos 2\alpha_i) + \alpha_i/4 - 1/8 \sin 2\alpha_i] 1/\xi +$$

$$+ [- (X_1 + X_2)(\cos \alpha_i + X_2/4 (\cos 2\alpha_i + 1) - \alpha_i/4 + 1/8 (\sin 2\alpha_i + \pi)) - n[X_1 + X_2(1 +$$

$$+ n/2) - 1/2] \} \quad (15)$$

Коэффициенты  $y_{iq}$  системы уравнений (7) также определяются по формуле Мора:

$$y_{iq} = 1/EI \int_s M_p M_i \, ds \quad (16)$$

$$\text{где } M_p^{I,II} = qR^2 [X_1 + X_2(1 - \cos \varphi_i) - 1/2 \sin^2 \varphi_i - k/2(1 - \cos \varphi_i)^2]; \quad (17)$$

$$M_p^{III} = qR^2 [X_1 + X_2 y_i - 1 + k y_i^2]. \quad (18)$$

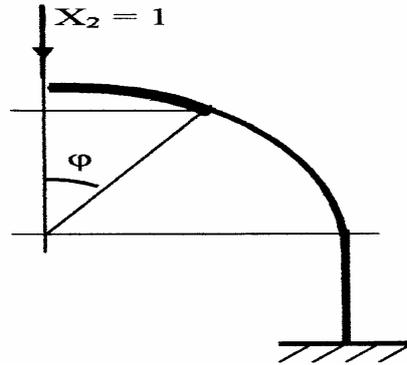
Уравнения моментов от единичной силы (рис. 7) будут такими же, что и для определения  $y_{ii}$ .

В результате интегрирования выражений (13-15) получим:

$$EI y_{iq} = R^4 \{ [(X_1 + X_2) - (k + 1)/2][1/\xi - 1] \times$$

$$\times \cos \alpha_i - 1/\xi] + (k - X_2)/4[(1/\xi - 1) \cos 2\alpha_i -$$

$$- (1/\xi + 1)] + (1 - k)/6[(1/\xi - 1) \cos^3 \alpha_i -$$



$$- 1/\xi] + (1/2 - X_1)n - X_2/2[(1 + n)^2 - 1] + k/6[(1 + n)^3 - 1] \} \quad (19)$$

Результаты определения грузовых коэффициентов по формуле (19) для различных углов сегмента жесткости сводим в табл. 2:

Таким образом, выполненные расчеты позволяют определить величины изгибающих моментов и продольных сил в комплектах основной крепи, соединенных жесткой продольной балкой в зависимости от величины угла сегмента жесткости.

В дальнейшем планируется определить значения изгибающих моментов и продольных сил, возникающих в арочных креплениях при их неравномерной нагрузке по длине выработки без применения и при наличии продольно-жесткой усиливающей крепи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко Ю.В., Татьянченко А.Г., Соловьев Г.И., Захаров В.С. Разработка математической модели процесса деформирования контура выработки при использовании каркасной крепи усиления // Известия Донецкого горного института. 1998. №2. С.92-97.

2. Шевченко Ф.Л. Изгиб стержневых систем. Донецк, ДПИ. - 1984.

3. Алексеенко С.Ф. Исследования на прочность и жесткость в горном деле: Уч. пособ. - К.: УМК ВО, 1988. - 304 с.

#### Коротко об авторах

Соловьев Г.И. - доцент, кандидат технических наук, ДонНТУ.

