ское состояние кирпичной кладки неоштукатуренных стен эксплуатируемых зданий, что приводит к снижению эффективности тепловой изоляции наружных стен эксплуатируемых зданий и сооружений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Потерщук, В.А. Пути дальнейшего энергосбережения в жилых зданиях. Белорусский строительный рынок. – 1998. – № 5. – С. 2–3.
2. Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-113-2009 (02250). – Мн.: Минстройархитект РБ., 2009. – 37 с.
3. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – 32 с.
4. Измеритель теплового потока ИПП-2. Руководство по эксплуатации и паспорт. ТФАП. 405126.003РЭиПС. Предприятие ЭАО «ЭКСИС», г. Москва. – 16 с.
5. Васильев, Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. – 210 с.
6. Правила производства и приемки работ. Несущие ограждающие конструкции: СНиП 3.03.01-87. – М.: Стройиздат, 1987. – 56 с.
7. Франчук, А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. – М.: Госстрой СССР, НИИСФ, 1969. – 144 с.

УДК 681.3: 634.04

Семенюк О.С.
Научный руководитель: доц. Игнатюк В.И.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В БЕСШАРНИРНЫХ КРУГОВЫХ АРКАХ, ЗАГРУЖЕННЫХ РАДИАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫМИ РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЁННЫМИ НАГРУЗКАМИ

Введение. На цилиндрические покрытия, расчёт которых может быть сведён к расчёту арочных систем, ветровые нагрузки действуют в радиальных направлениях [1]. Поэтому расчёт арок на радиально направленные распределённые нагрузки представляет интерес и актуален. В работе [2] для бесшарнирных арок кругового очертания получены выражения усилий (изгибающих моментов, поперечных и продольных сил) в сечениях при действии указанных нагрузок. Здесь определяются перемещения сечений в таких арках и соответственно деформированный вид арок.

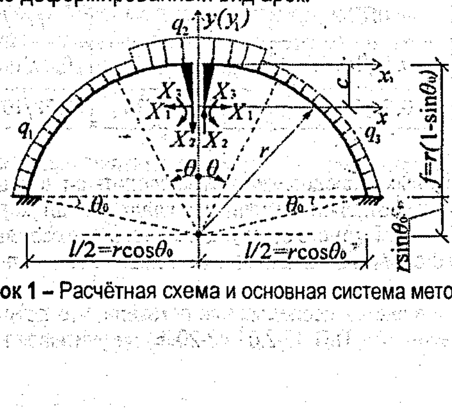

Рисунок 1 – Расчётная схема и основная система метода сил

Постановка задачи. Рассмотрим круговые арки постоянной жёсткости (рис. 1), загруженные радиально направленными равномерно распределёнными нагрузками.

Деформированный вид арок будет определён, если будут известны перемещения каждой из точек, лежащей на оси арки. Перемещения этих точек будут в общем случае происходить в произвольных направлениях, поэтому для их нахождения (и нахождения соответственно новых координат положения точек), необходимо определить отдельно составляющие этих перемещений на оси x и y – Δ_x и Δ_y. Результирующее значение перемещения и его направление тогда можно будет найти по выражениям:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_x)^2 + (\Delta_y)^2}; \qquad tg\,\varphi = \Delta_x / \Delta_y. \tag{1}$$

Зависимости здесь удобнее получать в полярной системе координат (рис. 1). Соотношение между декартовой (x, y) и полярной (r, θ) системами координат здесь имеет вид:

$$x = r \cdot \sin\theta; \qquad y = c - r \cdot (1 - \cos\theta). \tag{2}$$

где $y_1 = -r(1 - \cos\theta)$, c – расстояние от верхней средней точки до упругого центра [1].

Для определения перемещений будем использовать формулу Мора [3]:

$$\Delta_{ip}^{верт} = \sum\int \frac{\overline{M_i} \cdot M ds}{EJ} + \sum\int J \frac{\overline{Q_i} \cdot Q ds}{GA} + \sum\int \frac{\overline{N_i} \cdot N ds}{EA}, \tag{3}$$

где $\overline{M_i}, \overline{Q_i}, \overline{N_i}$ – выражения усилий в сечениях арки от действия единичной силы, приложенной в направлении (i-ом) искомого перемещения; M, Q, N – усилия в сечениях арки от внешней нагрузки, от действия которой определяются перемещения; EI, GA, EA жёсткости сечений арки соответственно на изгиб, сдвиг и растяжение-сжатие; η – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по высоте сечений при изгибе.

Зависимости для усилий M, Q, N получены в работе [1] и имеют вид:

$$\begin{aligned} M^{лев/прав} &= \overline{M_1} \cdot X_1 + \overline{M_2} \cdot X_2 + \overline{M_3} \cdot X_3 + M_p^{лев/прав}; \\ Q^{лев/прав} &= \overline{Q_1} \cdot X_1 + \overline{Q_2} \cdot X_2 + \overline{Q_3} \cdot X_3 + Q_p^{лев/прав}; \\ N^{лев/прав} &= \overline{N_1} \cdot X_1 + \overline{N_2} \cdot X_2 + \overline{N_3} \cdot X_3 + N_p^{лев/прав} \end{aligned} \tag{4}$$

где $\overline{M_1}, \overline{Q_1}, \overline{N_1}; \overline{M_2}, \overline{Q_2}, \overline{N_2}; \overline{M_3}, \overline{Q_3}, \overline{N_3}$ – единичные усилия в основной системе метода сил (О.С.) от действия соответственно X_1, X_2, X_3, равные:

$$\overline{M_1} = c - r(1 - \cos\theta); \quad \overline{Q_1} = \sin\theta; \quad \overline{N_1} = -\cos\theta;$$

$$\overline{M_2} = r\sin\theta; \quad \overline{Q_2} = -\cos\theta; \quad \overline{N_2} = -\sin\theta; \quad \overline{M_3} = 1; \quad \overline{Q_3} = 0; \quad \overline{N_3} = 0. \tag{5}$$

где $M_p^{лев/прав}$, $Q_p^{лев/прав}$, $N_p^{лев/прав}$ – усилия для левой и правой частей арки соответственно в основной системе метода сил от внешних нагрузок, определяемые выражениями:

$$\begin{aligned} M_p^{прав} = \sum_{i=1}^{n_q^{прав}} & q_i r^2 \left[\sin\theta(\sin\theta_i^к - \sin\theta_i^н) + \cos\theta(\cos\theta_i^к - \cos\theta_i^н)\right] + \\ & + q_i r^2 (1 - \sin\theta \sin\theta_i^н - \cos\theta\cos\theta_i^н); \end{aligned} \tag{6}$$

$$M_p^{лев} = -\sum_{j=1}^{n_q^{лев}} q_j r^2\left[\sin\theta(\sin\theta_j^{\text{к}} - \sin\theta_j^{\text{н}}) + \cos\theta(\cos\theta_j^{\text{к}} - \cos\theta_j^{\text{н}})\right] + \qquad (7)$$

$$+q_j r^2(1 - \sin\theta\sin\theta_j^{\text{к}} - \cos\theta\cos\theta_j^{\text{к}});$$

$$Q^{прав}_{\ \ p} = -\sum_{i=1}^{n_q^{прав}} q_i r\left[\cos\theta(\sin\theta_i^{\text{к}} - \sin\theta_i^{\text{н}}) - \sin\theta(\cos\theta_i^{\text{к}} - \cos\theta_i^{\text{н}})\right] + q_i r(\cos\theta\sin\theta_i^{\text{н}} - \sin\theta\cos\theta_i^{\text{н}}); \qquad (8)$$

$$Q^{лев}_{\ \ p} = \sum_{j=1}^{n_q^{лев}} q_j r\left[\cos\theta(\sin\theta_j^{\text{к}} - \sin\theta_j^{\text{н}}) - \sin\theta(\cos\theta_j^{\text{к}} - \cos\theta_j^{\text{н}})\right] + q_j r(\cos\theta\sin\theta_j^{\text{к}} - \sin\theta\cos\theta_j^{\text{к}}); \qquad (9)$$

$$N^{прав}_{\ \ p} = -\sum_{i=1}^{n_q^{прав}} q_i r\left[\sin\theta(\sin\theta_i^{\text{к}} - \sin\theta_i^{\text{н}}) + \cos\theta(\cos\theta_i^{\text{к}} - \cos\theta_i^{\text{н}})\right] - \qquad (10)$$

$$-q_i r(1 - \sin\theta\sin\theta_i^{\text{н}} - \cos\theta\cos\theta_i^{\text{н}});$$

$$N^{лев}_{\ \ p} = -\sum_{j=1}^{n_q^{лев}} q_j r\left[\sin\theta(\sin\theta_j^{\text{к}} - \sin\theta_j^{\text{н}}) + \cos\theta(\cos\theta_j^{\text{к}} - \cos\theta_j^{\text{н}})\right] + \qquad (11)$$

$$+q_j r(1 - \cos\theta\cos\theta_j^{\text{к}} - \sin\theta\sin\theta_j^{\text{к}}).$$

Неизвестные метода сил X_1, X_2, X_3 определяются из расчёта системы метода сил [3]. Как известно, при определении перемещений в статически неопределимых системах необязательно все усилия в (5) определять в статически неопределимой системе. Одни из этих усилий ($\overline{M_i}$, $\overline{Q_i}$, $\overline{N_i}$ или M, Q, N) можно находить в любой статически определимой системе, полученной из заданной отбрасыванием "лишних связей" (в основной системе метода сил), чем и воспользуемся для упрощения расчёта. Усилия M, Q, N от внешних нагрузок в статически неопредеоимой системе уже известны из (6)–(11), поэтому усилия $\overline{M_i}$, $\overline{Q_i}$, $\overline{N_i}$ от действия единичных сил, приложенных в направлениях искомых перемещений, будем определять в статически определимой системе. В качестве такой системы примем основную систему метода сил, использованную уже в [2] и представленную на рис. 2.

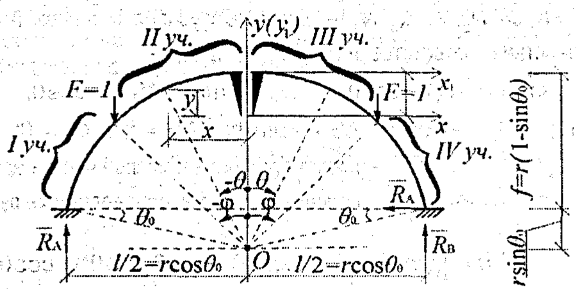

Рисунок 2 – Единичное состояние для определения вертикального перемещения

Определение вертикальных перемещений точек. Получим вначале выражения для вертикальных перемещений точек, лежащих на оси арки. Для этого в принятой статически определимой системе (рис. 1) приложим в точке, для которой будем определять перемещение, единичную вертикальную силу (рис. 2).

Выражения для усилий от действия этой силы будут иметь вид:

1. Для левой полуарки:

а) на участке I (от опоры А до точки приложения силы F=1):

$$\overrightarrow{M}_i^{I}=-\left(R_A\cdot(r\cdot\cos\theta_0+x)-M_A\right)=-\left(r\cdot\cos\theta_0+r\cdot\sin\theta-r\cdot\cos\theta_0-r\cdot\sin\varphi\right)=$$

$$=-r\cdot\left(\sin\theta-\sin\varphi\right);\qquad \overrightarrow{Q}_i^{I}=+R_A\cdot\cos(-\theta)=\cos\theta;\tag{12}$$

$$\overrightarrow{N}_i^{I}=-R_A\cdot\sin(-\theta)=\sin\theta;$$

б) на участке II (от точки приложения силы F=1 до опоры B):

$$\overrightarrow{M}_i^{II}=0;\qquad \overrightarrow{Q}_i^{II}=0;\qquad \overrightarrow{N}_i^{II}=0,\tag{13}$$

где опорные реакции найдены из уравнений равновесия арки:

$$\sum M_A=0;\quad 1\cdot r\cdot\left(\cos\theta_0-\sin(-\varphi)\right)-M_A=0.$$

$$M_A=r\cdot\left(\cos\theta_0+\sin\varphi\right).\quad \sum Y=0;\quad R_A=1.\tag{14}$$

Подставив выраженния усилий от единичной силы (12), (13) и от внешних нагрузок (7), (9), (11) в формулу (3), выполнив интегрирование по участкам и просуммировав его результаты, получим выражение для определения вертикального перемещения рассматриваемой точки (сечения) левой полуарки, которое представим в виде:

$$\Delta_y^{лев}=\left(\Delta_{yX_1}^{(M)}+\Delta_{yX_1}^{(Q)}+\Delta_{yX_1}^{(N)}\right)\cdot X_1+\left(\Delta_{yX_2}^{(M)}+\Delta_{yX_2}^{(Q)}+\Delta_{yX_2}^{(N)}\right)\cdot X_2+$$

$$+\left(\Delta_{yX_3}^{(M)}+\Delta_{yX_3}^{(Q)}+\Delta_{yX_3}^{(N)}\right)\cdot X_3+\Delta_{yp}^{(M)лев}+\Delta_{yp}^{(Q)лев}+\Delta_{yp}^{(N)лев},\tag{15}$$

где $\Delta_{yX_1}^{(M)},\Delta_{yX_1}^{(Q)},\Delta_{yX_1}^{(N)};\Delta_{yX_2}^{(M)},\Delta_{yX_2}^{(Q)},\Delta_{yX_2}^{(N)};\Delta_{yX_3}^{(M)},\Delta_{yX_3}^{(Q)},\Delta_{yX_3}^{(N)}$ – перемещения искомой точки в вертикальном направлении (по оси y) в О.С. метода сил от действия единичных значений неизвестных метода сил соответственно X_1, X_2, X_3, определяемые выражениями:

$$\Delta_{yX_1}^{(M)}=-\frac{r^3}{EJ}\left[\left(\frac{\cos\theta_0}{\pi/2-\theta_0}\right)\cdot\left(\cos\varphi+\sin\theta_0+\sin\varphi\cdot\varphi+\sin\varphi\cdot(\frac{\pi}{2}-\theta_0)\right)-\right.$$

$$\left.-\frac{1}{4}\cos2\varphi-\frac{1}{4}\cos2\theta_0-\sin^2\varphi-\sin\varphi\cdot\cos\theta_0\right];\tag{16}$$

$$\Delta_{yX_1}^{(Q)}=\eta\frac{r}{GA}\cdot\frac{1}{2}(\sin^2\varphi-\cos^2\theta_0);\quad \Delta_{yX_1}^{(N)}=\frac{r}{EA}\cdot\frac{1}{2}\cdot\left(\cos^2\theta_0-\sin^2\varphi\right);$$

$$\Delta_{yX_2}^{(M)}=-\frac{r^3}{EJ}\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)-\frac{1}{4}\sin2\varphi-\frac{1}{4}\sin2\theta_0+\sin\varphi\cos\varphi+\sin\varphi\sin\theta_0\right];$$

$$\Delta_{yX_2}^{(Q)}=-\eta\frac{r}{GA}\cdot\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)+\frac{1}{4}\left(\sin2\varphi+\sin2\theta_0\right)\right];\tag{17}$$

$$\Delta_{yX_2}^{(N)}=-\frac{r}{EA}\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)-\frac{1}{4}\left(\sin2\varphi+\sin2\theta_0\right)\right];$$

$$\Delta_{yX_3}^{(M)}=-\frac{r^3}{EJ}\cdot\left[-\cos\varphi+\sin\theta_0-\sin\varphi\cdot\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)\right];\quad \Delta_{yX_3}^{(Q)}=0;\quad \Delta_{yX_3}^{(N)}=0.\tag{18}$$

где $\Delta_{yp}^{(M)лев}, \Delta_{yp}^{(Q)лев}, \Delta_{yp}^{(N)лев}$ – перемещения рассматриваемой точки в вертикальном направлении (по оси y) в О.С. метода сил от действия нагрузок, определяемые выражениями:

$$
\begin{aligned}
\Delta_{yp}^{(M)лев} = {} & \frac{r^4}{EJ}\sum_{j1=1}^{n_q^{лев}} q_{j1}\Big\{\left(\sin\theta_{j1}^{к}-\sin\theta_{j1}^{н}\right)\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)-\frac{1}{4}\sin^2\varphi-\frac{1}{4}\sin 2\theta_0+\right.\\
& \left.+\sin\varphi\cos\varphi-\sin\varphi\sin\theta_0\right]+\left(\cos\theta_{j1}^{к}-\cos\theta_{j1}^{н}\right)\cdot\left[\frac{1}{2}\sin^2\varphi-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0-\sin^2\varphi-\sin\varphi\times\right.\\
& \left.\times\cos\theta_0\right]\Big\}+\frac{r^4}{EJ}\sum_{j2=1}^{n_q^{лев}} q_{j2}\cdot\Big\{\sin\varphi\left(\theta_{j2}^{к}-\theta_{j2}^{н}\right)+\cos\theta_{j2}^{к}-\cos\theta_{j2}^{н}+\sin\varphi\cdot\sin\theta_{j2}^{к}\cdot\left(\cos\theta_{j2}^{к}-\right.\\
& \left.-\cos\theta_{j2}^{н}\right)+\sin\theta_{j2}^{к}\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\theta_{j2}^{к}-\theta_{j2}^{н}\right)-\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j2}^{к}+\frac{1}{2}\sin 2\theta_{j2}^{н}\right)-\sin\varphi\cdot\cos\theta_{j2}^{к}\cdot\left(\sin\theta_{j2}^{к}-\right.\\
& \left.-\sin\theta_{j2}^{н}\right)+\cos\theta_{j2}^{к}\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j2}^{к}-\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j2}^{н}\right)+\left(\sin\theta_{j2}^{к}-\sin\theta_{j2}^{н}\right)\cdot\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\theta_{j2}^{н}-\theta_0\right)-\right.\\
& \left.-\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j2}^{н}-\frac{1}{4}\sin 2\theta_0+\sin\varphi\cdot\left(\cos\theta_{j2}^{н}-\sin\theta_0\right)\right]+\left(\cos\theta_{j2}^{к}-\cos\theta_{j2}^{н}\right)\cdot\left[\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j2}^{н}-\right.\\
& \left.-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0-\sin\varphi\cdot\left(\sin\theta_{j2}^{н}+\cos\theta_0\right)\right]\Big\}+\frac{r^4}{EJ}q_m\cdot\Big\{\sin\varphi\cdot\left(\varphi-\theta_{j3}^{н}\right)+\cos\varphi-\cos\theta_{j3}^{н}+\\
& +\sin\varphi\cdot\sin\theta_{j3}^{к}\cdot\left(\cos\varphi-\cos\theta_{j3}^{н}\right)+\sin\theta_{j3}^{к}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot\left(\varphi-\theta_{j3}^{н}\right)-\frac{1}{4}\sin 2\varphi+\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j3}^{н}\right)-\\
& -\sin\varphi\cos\theta_{j3}^{к}\cdot\left(\sin\varphi-\sin\theta_{j3}^{н}\right)+\cos\theta_{j3}^{к}\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\varphi-\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j3}^{н}\right)+\left(\sin\theta_{j3}^{к}-\sin\theta_{j3}^{н}\right)\times\\
& \times\left[\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\pi}{2}+\theta_{j3}^{н}-\theta_0\right)-\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j3}^{н}-\frac{1}{4}\sin 2\theta_0+\sin\varphi\cdot\left(\cos\theta_{j3}^{н}-\sin\theta_0\right)\right]+\left(\cos\theta_{j3}^{к}-\right.\\
& \left.-\cos\theta_{j3}^{н}\right)\cdot\left[\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j3}^{н}-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0-\sin\varphi\cdot\left(\sin\theta_{j3}^{н}+\cos\theta_0\right)\right]\Big\};
\end{aligned}
\tag{19}
$$

$$
\begin{aligned}
\Delta_{yp}^{(Q)лев} == {} & \eta\frac{r^2}{GA}\sum_{j1=1}^{n_q^{пр}} q_{j1}\cdot\Big[\left(\sin\theta_{j1}^{к}-\sin\theta_{j1}^{н}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)+\frac{1}{4}\sin 2\varphi+\frac{1}{4}\sin 2\theta_0\right)-\\
& -\left(\cos\theta_{j1}^{к}-\cos\theta_{j1}^{н}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\varphi-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0\right)\Big]+\eta\frac{r^2}{GA}\sum_{j2=1}^{n_q^{лев}} q_{j2}\Big\{\sin\theta_{j2}^{к}\left(\frac{1}{2}\left(\theta_{j2}^{к}-\theta_{j2}^{н}\right)+\right.\\
& \left.+\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j2}^{к}-\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j2}^{н}\right)-\cos\theta_{j2}^{к}\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j2}^{к}-\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j2}^{н}\right)+\left(\sin\theta_{j2}^{к}-\sin\theta_{j2}^{н}\right)\times\\
& \times\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\theta_{j2}^{н}-\theta_0\right)+\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j2}^{н}+\frac{1}{4}\sin 2\theta_0\right)-\left(\cos\theta_{j2}^{к}-\cos\theta_{j2}^{н}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j2}^{н}-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0\right)\Big\}+\\
& +\eta\frac{r^2}{GA}q_m\Big\{\sin\theta_{j3}^{к}\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\varphi-\theta_{j3}^{н}\right)+\frac{1}{4}\sin 2\varphi-\frac{1}{4}\sin 2\theta_{j3}^{н}\right)-\cos\theta_{j3}^{к}\left(\frac{1}{2}\sin^2\varphi-\frac{1}{2}\sin^2\theta_{j3}^{н}\right)+
\end{aligned}
\tag{20}
$$

$$+\left(\sin\theta^{к}_{j_3}-\sin\theta^{н}_{j_3}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\theta^{н}_{j_3}-\theta_0\right)+\frac{1}{4}\sin2\theta^{н}_{j_3}+\frac{1}{4}\sin2\theta_0\right)+\left(\frac{1}{2}\sin^2\theta^{н}_{j_3}-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0\right)\Bigg\};$$

$$\Delta_{ур}^{(N)лев}=-\frac{r^2}{EA}\sum_{j_1=1}^{n_q^{лев}}q_{j_1}\cdot\Bigg[\left(\sin\theta^{к}_{j_1}-\sin\theta^{н}_{j_1}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\varphi-\theta_0\right)-\frac{1}{4}\sin2\varphi-\frac{1}{4}\sin2\theta_0\right)+$$

$$+\left(\cos\theta^{к}_{j_1}-\cos\theta^{н}_{j_1}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\varphi-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0\right)\Bigg]+\frac{r^2}{EA}\sum_{j_2=1}^{n_q^{лев}}q_{j_2}\Bigg\{-\cos\theta^{к}_{j_2}+\cos\theta^{н}_{j_2}-\cos\theta^{к}_{j_2}\times$$

$$\times\left(\frac{1}{2}\sin^2\theta^{к}_{j_2}-\frac{1}{2}\sin^2\theta^{н}_{j_2}\right)-\sin\theta^{к}_{j_2}\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\theta^{к}_{j_2}-\theta^{н}_{j_2}\right)-\frac{1}{4}\sin2\theta^{к}_{j_2}+\frac{1}{4}\sin2\theta^{н}_{j_2}\right)-\Big(\sin\theta^{к}_{j_2}-$$

$$-\sin\theta^{н}_{j_2}\Big)\cdot\left(\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\theta^{н}_{j_2}-\theta_0\right)-\frac{1}{4}\sin2\theta^{н}_{j_2}-\frac{1}{4}\sin2\theta_0\right)-\left(\cos\theta^{к}_{j_2}-\cos\theta^{н}_{j_2}\right)\cdot\Bigg(\frac{1}{2}\sin^2\theta^{н}_{j_2}-$$

$$-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0\Bigg)\Bigg\}+\frac{r^2}{EA}q_m\Bigg\{-\cos\varphi+\cos\theta^{н}_{j_3}-\cos\theta^{к}_{j_3}\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\varphi-\frac{1}{2}\sin^2\theta^{н}_{j_3}\right)-\sin\theta^{н}_{j_3}\times$$

$$\times\left(\frac{1}{2}\left(\varphi-\theta^{н}_{j_3}\right)-\frac{1}{4}\sin2\varphi+\frac{1}{4}\sin2\theta^{н}_{j_3}\right)-\left(\sin\theta^{к}_{j_3}-\sin\theta^{н}_{j_3}\right)\cdot\Bigg(\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{2}+\theta^{н}_{j_3}-\theta_0\right)-$$

$$-\frac{1}{4}\sin2\theta^{н}_{j_3}-\frac{1}{4}\sin2\theta_0\Bigg)-\left(\cos\theta^{к}_{j_3}-\cos\theta^{н}_{j_3}\right)\cdot\left(\frac{1}{2}\sin^2\theta^{н}_{j_3}-\frac{1}{2}\cos^2\theta_0\right)\Bigg\}. \qquad (21)$$

Равномерно распределённые нагрузки q_j в выражениях (21)–(23) в зависимости от положения относительно сечения, для которого ищется перемещение, разделены на три группы: q_{j1} – нагрузки, расположенные полностью справа от этой точки; q_{j2} – нагрузки, расположенные слева от приложения единичной силы; q_m – нагрузки, на участке действия которых располагается рассматриваемая точка (сечение).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07–85 / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
2. Игнатюк В.И. К определению усилий в бесшарнирных круговых арках, загруженных радиально действующими равномерно распределёнными нагрузками // Вестник БрГТУ. – 2011: Строительство и архитектура. – С. 71–76.
3. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2009. – 756 с.

УДК 7.021.22-057.875

Скалкович Ю.С., Лысюк А.С.
Научный руководитель: Лаппо М.Г.

ВОЗМОЖНОСТИ СТУДЕНЧЕСКОГО ЭСКИЗИРОВАНИЯ. НАБРОСОК КАК ВИД ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АРХИТЕКТОРА

Целью написания данной работы является проблема недостаточного внимания студентов к эскизам и наброскам, понимания их значимости, а также недостаточного владения техниками. Слово набросок говорит само за себя и обозначает «набросать», т.е. за короткое время передать основную характеристику изображаемого объекта. Наброски