

Затем была определена степень отклонения итоговой стоимости по каждому из 5 объектов оценки от среднего значения стоимости, определённого как среднее арифметическое всех согласованных стоимостей каждой из методик. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Отклонение согласованных стоимостей от средней стоимости, %				
	ранжирования	распределения	компании D&T	Наегли	МАИ
Объект 1	7,15	3,51	3,64	1,61	3,39
Объект 2	-9,75	6,35	3,40	-13,01	7,95
Объект 3	0,34%	-0,10	-0,24	-0,92	0,18
Объект 4	0,34	-1,04	0,70	-10,11	-1,84
Объект 5	3,00	2,41	-5,41	19,54	0,42
Среднее	4,12	2,68	2,68	9,04	2,76

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что наименьшую степень отклонения от среднего значения стоимости имеют методики распределения весовых коэффициентов, методики D&T и МАИ. Оставшиеся 2 метода являются менее приемлемыми, так как носят более поверхностный характер и не учитывают особенности каждого метода оценки. Однако для получения наиболее достоверного результата сравнение должно проводиться не по среднему значению стоимости, определённому как среднее арифметическое всех согласованных стоимостей каждой из методик, а по цене продажи объекта оценки. Выбор методики согласования остаётся за оценщиком, определяется из его личных предпочтений и применимости той или иной методики в конкретном случае.

Список цитированных источников

1. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), не завершённых строительством объектов, изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества: СТБ 52.3.01-2011. – Минск: Госстандарт, 2011. – 75 с.
2. Оценка стоимости объектов гражданских прав. Оценка стоимости капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, машино-мест как объектов недвижимого имущества: ТКП 52.3.01-2012 (03150). – Минск: Госкомимущество, 2011. – 78 с.
3. Трифонов, Н.Ю. Согласование подходов к оценке стоимости // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2005. – №10(49). – С. 84-87.
4. Оценка стоимости недвижимости: учебное пособие / Е.Н. Иванова; под ред. д-ра экон. наук, проф. М.А. Федотовой. – М.: КНОРУС, 2007. – 344 с.

УДК 624.04

Веренич А.А.

Научный руководитель: доцент Игнатюк В.И.

О ВЛИЯНИИ УПРУГО-ПОДАТЛИВОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К УЗЛАМ В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ

При расчете сооружений методом конечных элементов основным разрешающим уравнением является уравнение вида [1]:

$$[K]\{\Delta\} = \{P\}, \quad (1)$$

где $[K]$ – матрица жесткости системы, $\{\Delta\}$ – вектор перемещений узлов системы, $\{P\}$ – вектор внешних узловых нагрузок.

Учет упруго-податливого соединения элементов в узлах вызовет соответствующие изменения в матрицах $[K]$ и $\{P\}$. Так как эти матрицы могут быть сформированы из мат-

риц отдельных конечных элементов (КЭ) [2], учет упругой податливости присоединения конечных элементов к узлам может быть выполнен на уровне определения матриц жесткости и векторов нагрузок КЭ.

Для конечных элементов, присоединяющихся к узлам с помощью упруго-податливых связей, упругая податливость (величина линейного (углового) смещения при приложении единичной силы (момента)) которых определяются величинами $c_1 - c_6$ (рис. 1) (где: c_1, c_4 – упругие податливости горизонтальных связей в начале и в конце стержня, c_2, c_5 – упругие податливости соответствующих вертикальных связей, c_3, c_6 – упругие податливости угловых связей), матрица жесткости в локальной системе координат имеет вид [2]:

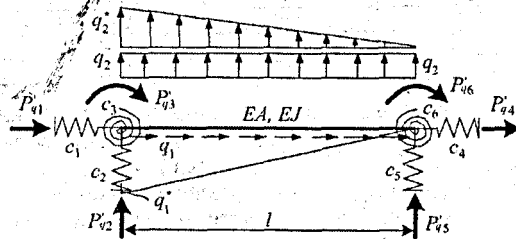


Рисунок 1 – Схема конечного элемента

$$[K'_s] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & 0 & -\frac{12EJ}{l^3} k_1 & -\frac{6EJ}{l^2} k_4 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 + k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & \frac{3EJ}{l} (k_2 - k_3) \\ \hline -\frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 & \frac{EA}{l} k_N & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_2 & 0 & \frac{12EJ}{l^3} k_1 & \frac{6EJ}{l^2} k_4 \\ 0 & -\frac{6EJ}{l^2} k_4 & \frac{3EJ}{l} (k_2 - k_3) & 0 & \frac{6EJ}{l^2} k_4 & \frac{3EJ}{l} (k_4 + k_5) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где EA, EJ – продольная и изгибная жесткости стержня, и где обозначено:

$$k_N = \frac{l}{1 + (c_1 + c_4) \frac{EA}{l}}; \quad k_1 = \frac{t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; \quad k_2 = \frac{t_3 + t_4}{t_2 t_4 - 3t_3^2};$$

$$k_3 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_2; \quad k_4 = \frac{t_4 - t_3}{t_2 t_4 - 3t_3^2}; \quad k_5 = \frac{1}{3t_4} + \frac{t_3}{t_4} k_4, \quad (3)$$

$$t_2 = 1 + (c_2 + c_5) \frac{12EJ}{l^3} + (c_3 + c_6) \frac{3EJ}{l}; \quad t_3 = (c_6 - c_3) \frac{EJ}{l}; \quad t_4 = 1 + (c_3 + c_6) \frac{EJ}{l}. \quad (4)$$

При действии на конечные элементы распределённых нагрузок в методе конечных элементов их необходимо преобразовывать к узловым. Это преобразование для конечных элементов, упруго-податливо присоединяемых к узлам, не будет совпадать со случаями жёстко-шарнирного соединения конечных элементов в узлах и может быть получено также на основе расчётов соответствующих конечных элементов [2]. Для случая

нагрузки конечных элементов распределенными нагрузками, представленными на рис. 1, величины узловых нагрузок для него будут определяться выражением:

$$\{P'_q\} = \begin{Bmatrix} P'_{q1} \\ P'_{q2} \\ P'_{q3} \\ P'_{q4} \\ P'_{q5} \\ P'_{q6} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{q_1 l}{2} f_{q1} + \frac{q_1^* l}{6} (3 - s_{q1}) \\ \frac{q_2 l}{2} (1 - f_{q2}) + \frac{q_2^* l}{20} (10 - u_{q1}) \\ -\frac{q_2 l^2}{12} (1,5 - 3f_{q2} - f_{q3}) - \frac{q_2^* l^2}{120} (20 + u_{q2} - 6u_{q1}) \\ \frac{q_1 l}{2} f_{q1} + \frac{q_1^* l}{6} s_{q1} \\ \frac{q_2 l}{2} (1 + f_{q2}) + \frac{q_2^* l}{20} u_{q1} \\ \frac{q_2 l^2}{12} (1,5 + 3f_{q2} - f_{q3}) + \frac{q_2^* l^2}{120} u_{q2} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

где: $f_{q2} = \frac{3 t_{q2} t_4 - t_{q3} t_3}{6 t_3^2 - 2 t_2 t_4}$; $f_{q3} = 3 f_{q2} \frac{t_3}{t_4} + \frac{t_{q3}}{2 t_4}$; $u_{q2} = \frac{3 u_2 u_{q1} - 5 s_{q3}}{u_3}$;
 $u_{q1} = \frac{8 s_{q2} u_3 - 5 s_{q3} u_2}{4 u_1 u_3 - 3 u_2^2}$; $t_{q2} = \frac{EJ}{l} \left(\frac{1}{c_6} - \frac{1}{c_3} \right) + \frac{8EJ}{l^3} \left(\frac{1}{c_5} - \frac{1}{c_2} \right)$;
 $t_{q3} = 1 + \frac{3EJ}{l} \left(\frac{1}{c_3} + \frac{1}{c_6} \right)$; $s_{q2} = 1 + \frac{15EJ}{c_2 l^3}$; $s_{q3} = 1 + \frac{4EJ}{c_3 l}$; (6)
 $u_1 = 1 + \frac{3EJ}{l^3} \left(\frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_5} \right) + \frac{3EJ}{c_3 l}$; $u_2 = 1 + \frac{2EJ}{c_3 l}$; $u_3 = 1 + \left(\frac{1}{c_3} + \frac{1}{c_6} \right) \frac{EJ}{l}$.

Преобразование матриц жесткости и векторов внешних нагрузок конечных элементов из местных в общую систему координат производится с помощью выражений [2]:

$$[K] = [T_\alpha]^T \cdot [K'] \cdot [T_\alpha]; \quad \{P_q\} = [T_\alpha]^T \{P'_q\}, \quad (7)$$

где $[T_\alpha]$, $[T_\alpha]^T$ – обычная и транспонированная матрицы преобразования координат.

Процедура формирования матрицы жесткости системы из матрицы жесткости ее элементов описана в работе [2].

Затем определяем перемещения узлов из решения системы уравнений (1) и находим усилия в элементах сооружения (в местной системе координат) с помощью зависимости:

$$\{r'_s\} = [K'_s] \cdot [T'_{\alpha s}] \cdot \{\Delta_s\} - \{P'_{qs}\}, \quad (8)$$

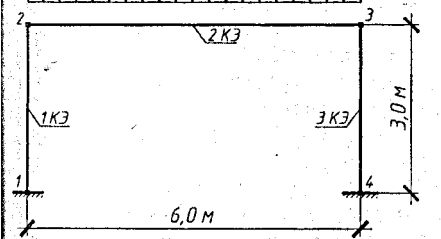


Рисунок 2

где $\{\Delta_s\}$ – перемещение узлов конечного элемента; $\{P'_{qs}\}$ – вектор узловых сил в местной системе координат от действия на элемент распределенных нагрузок.

Алгоритм расчета методом конечных элементов представлен в работе [2].

Изучим влияние упругой податливости присоединения элементов к узлам на величины усилий в различных системах.

Рассмотрим раму, представленную на рис. 2. Определим изменение величины изгибающего момента в узле 3 в зависимости от величины упругой податливости связей в узле 1 (рис. 3). Расчет выполнен в программе Sirius+. На рис. 3 изображена эпюра изгибающего момента в узле 3 при полностью жестком присоединении 1-го конечного элемента к основанию (защемление – $c_1 = c_2 = c_3 = 0$). Результаты расчетов представлены в виде графиков, показанных на рис 4, 5, 6.

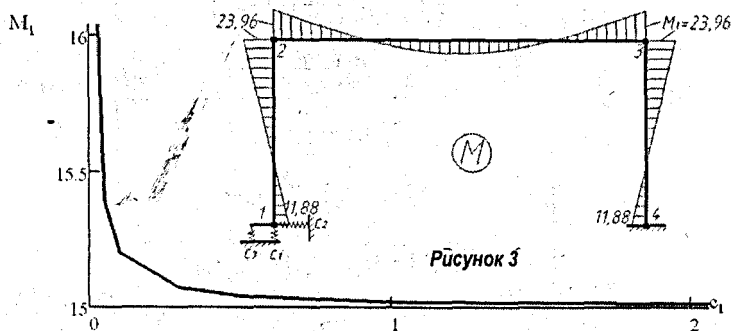


Рисунок 4

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. При изменении величины упругой податливости c_3 угловой связи в узле 1 (левая опора) рамы, представленной на рис. 2, от 0 (что соответствует жесткой заделке) до ∞ (шарнирная опора) изгибающий момент в узле 3 изменяется от 23,96 (момент при полном защемлении стержня – рис. 3) до 20,5 (шарнирное опирание). При этом при изменении величины упругой податливости угловой упругой связи c_3 от 0 до $0,01 \text{ кН}^{-1}$ происходит резкое падение изгибающего момента в узле (M_3) от 23,96 до 20,7. Далее с увеличением упругой податливости c_3 от $0,01$ до $0,09 \text{ кН}^{-1}$ падение изгибающего момента M_3 замедляется и он уменьшается от 20,7 до 20,52. При дальнейшем увеличении упругой податливости c_3 изгибающий момент в узле 3 асимптотически приближается к значению 20,5, которое отвечает шарнирному опиранию в узле.

Таким образом, при $c_3 < 0,01 \text{ кН}^{-1}$ упругую податливость узла можно не учитывать, принимая присоединение стержня к узлу абсолютно жестким; при $c_3 > 0,09 \text{ кН}^{-1}$ упругую податливость также можно не учитывать, считая присоединение шарнирным. В зоне же изменения c_3 от $0,01$ до $0,09 \text{ кН}^{-1}$ изгибающие моменты в узлах следует определять с учетом величины упругой податливости узловых соединений стержней.

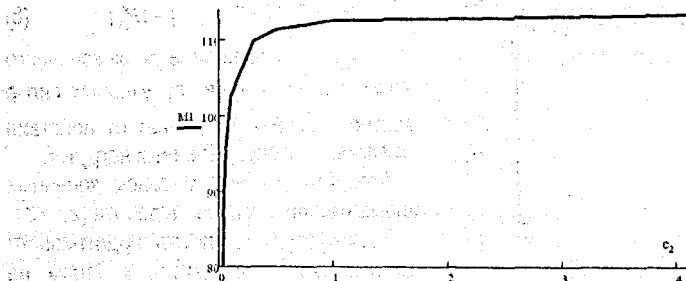


Рисунок 5

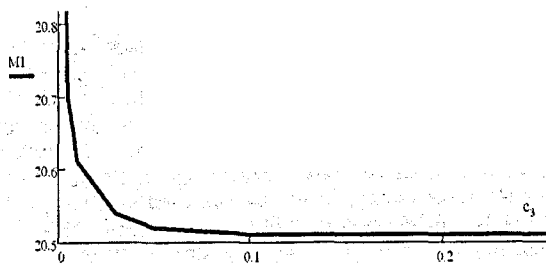


Рисунок 6

с₃

При рассмотрении влияния на величину изгибающего момента в узле 3 упругих податливостей s_1 и s_2 вертикальной и горизонтальной связей (рис. 4, 5) аналогично можно сделать вывод, что изгибающий момент в раме нужно определять с учетом упругих податливостей связей, если величины s_1 и s_2 находятся в пределах от 0,01 до 0,09 м/кН.

Подобные исследования выполнены для балок и ферм, которые позволяют определить ориентировочные пределы изменения упругих податливостей присоединения стержней к узлам, в которых необходимо учитывать упругую податливость в расчетах подобных систем.

Список цитированных источников

1. Борисевич, А.А. Строительная механика: учебное пособие / А.А. Борисевич, Е.М. Сидорович, В.И. Игнатюк. – Мн.: БНТУ, 2007. – 821 с.
2. Игнатюк, В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем: учебное пособие. – Брест: БрГТУ, 2007. – 172 с.

УДК 378.14(07)

Винник А.Н., Микитич Е.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Винник Н.С.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Целью данной работы является наглядное представление использования геометрических форм в архитектуре. В настоящее время современному человеку даже в повседневной жизни приходится сталкиваться с поверхностями, например, при выборе мебели, автомобиля, наружного и внутреннего обустройства дома, коттеджа. Тем более будущим инженерам, проектировщикам, дизайнерам необходимо ориентироваться в многообразии поверхностей. Проектирование форм различных машин, механизмов, архитектурных объектов предусматривает использование ряда поверхностей – многогранных, криволинейных и их сочетания.

Поверхностью называют множество последовательных положений линий, перемещающихся в пространстве [1]. Эта линия может быть прямой или кривой и называется образующей поверхности. Кривая образующая может иметь постоянный или переменный вид. Перемещается образующая по направляющим, представляющим собой линии иного направления, чем образующие. Направляющие линии задают закон перемещения образующей. При перемещении образующей по направляющим создается каркас поверхности, представляющий собой совокупность нескольких последовательных положений образующих и направляющих.

Поверхности можно разделить на две группы: многогранники и кривые поверхности.