Висновки. Використання для оцінки вантажопідйомності на стадії проектування лише показників, які враховують зміну конструктивного рішення, без врахування функціонального простору недостатньо. Запропоновані додаткові відносні показники монтажної технологічності враховують просторове розташування елементів, та їх можна використати при проектуванні організаційно-конструктивних рішень з метою підвищення використання вантажних характеристик кранів..

1. Булгаков С.Н. Технологичность железобетонных конструкций и проектных решений. – М.: Стройиздат, 1983. – 303 с. 2. Алексеев В.А. Коротков Е.А. Сокращение трудовых затрат на монтаж железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1976. – 121 с. 3. Нижниковский Г.С., Резниченко П.Т. Технология монтажа металлических конструкций. – Киев-Донецк: Виша школа, 1981 – 236 с. 4. Комплексная механизация монтажа промышленных сооружений / Н.С. Канюка, И.М. Кюков, Р.Я. Зальцер, М.П. Родичкина, И.К. Михайлов – К.: "Будівельник", 1969 – 196 с. 5. Канюка Н.С., Резуник А.В. Новацкий А.Л., Комплексная механизация трудоемких работ в строительстве. – К.: Будівельник, - 1981. – 232 с. 6. Чернетко В.К., Єрмоленко М.Г., Батура Г.М. / Технологія будівельного виробництва. – К.: Вища шк., 2002. – 430 с. 7. Егнус М.Я, Левынзон А.Л. Оценка технологичности проектных решений жилых и общественных зданий. – М.: Изд. стандартов, 1975 – 64 с.

УДК 624.21.004.69

І.Г.Іваник, С.І.Віхоть
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельного виробництва

РОЗРАХУНОК КОМБІНОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ВВЕДЕННЯ УЯВНИХ ШАРНІРІВ

© Іваник І.Г.,Віхоть С.І., 2005

Розроблена методика розрахунку зусиль в статично невизначених комбінованих конструкціях на прикладі балко-ферми. Використовуючи змішаний метод будівельної механіки, отримані загальні рівняння визначення зусиль і переміщень в характерних перерізах системи.

The developed method of computation of efforts in the statically indefinite combined constructions on the example of beam-farm. Using the mixed method of structural mechanics, the got common evening of determination of efforts and moving in the haractenih cuts of the system.

Вступ. Основним критерієм під час застосування будівельних конструкцій є зменшення їхньої вартості. Зниження економічних показників досягають за рахунок регулювання напружено-деформованого стану конструкції загалом, яке можливо виконати запропонованим нижче методом.

Мета роботи. Проблема регулювання рівнонапруженого стану в елементах конструкцій на стадії проектування полягає в використанні методики розрахунку. Одним з напрямків розв'язання задачі є використання методу, розробленого й апробованого на плоских перехресно-ребристих системах [1–3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розрахунку складних статично невизначених комбінованих систем використаємо змішаний метод будівельної механіки, в основу якого покладено використання рівнянь методу сил і методу переміщень.

Розглянемо конструкцію балко-ферми, відображену на рис.1, завантажену рівномірно розподіленим навантаженням $\boldsymbol{q}$.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

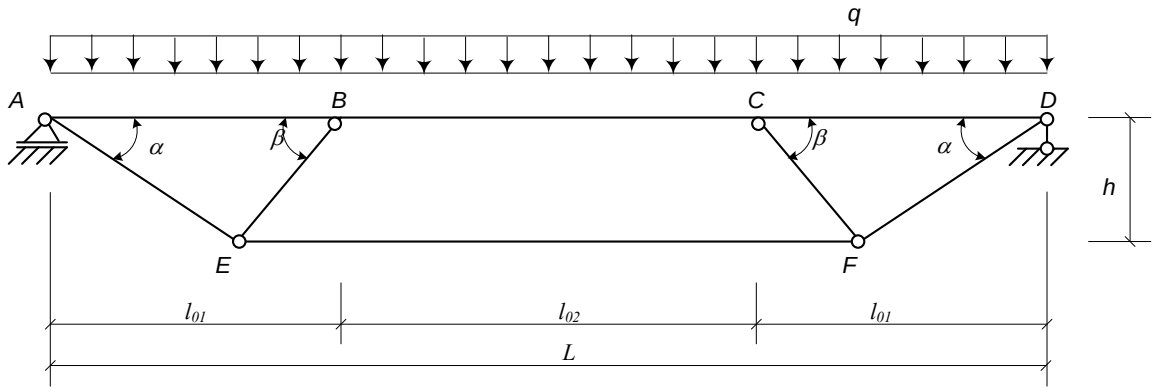

Рис.1. Вигляд комбінованої конструкції

Конструкцію балко-ферми вважаємо оптимальною за умови, що складові її елементи матимуть пружні і жорсткістні характеристики, яких достатньо для забезпечення несучої здатності як окремих елементів, так і конструкції загалом.

Вважатимемо, що система є лінійно-деформованою, тому для визначення зусиль і переміщень у ній доцільно використати принцип незалежності сил.

У загальному випадку деформації плоскої системи робота внутрішніх сил запишеться у вигляді рівняння

$$U_{ij} = \sum\int_l \frac{M_1 M_2}{EI} ds - \sum\int_l \mu \frac{Q_1 Q_2}{EA} ds - \sum\int_l \frac{N_1 N_2}{EA} ds \qquad (1).$$

Робота одиничної сили на переміщеннях заданого стану $W_{ij} = 1\Delta_l$ за теоремою Бетті дорівнює роботі W_{ij} заданих сил на переміщення одиничного стану.

За формулою Мора переміщення в точці *i*:

$$\Delta_{ij} = \sum\int \frac{M\overline{M}_1}{EI} ds + \sum\int \mu \frac{Q\overline{Q}_i}{EA} ds + \sum\int \frac{N\overline{N}_i}{EA} ds \qquad (2).$$

Методика розрахунку. Для подальшого розв'язання системи використаємо методику введення уявних шарнірів для характерних в системі перерізів: в місцях можливих максимальних моментів в середніх частинах прольотів l_{01} і l_{02}. Розрахункова схема такої конструкції матиме вигляд, відображений на рис.2.

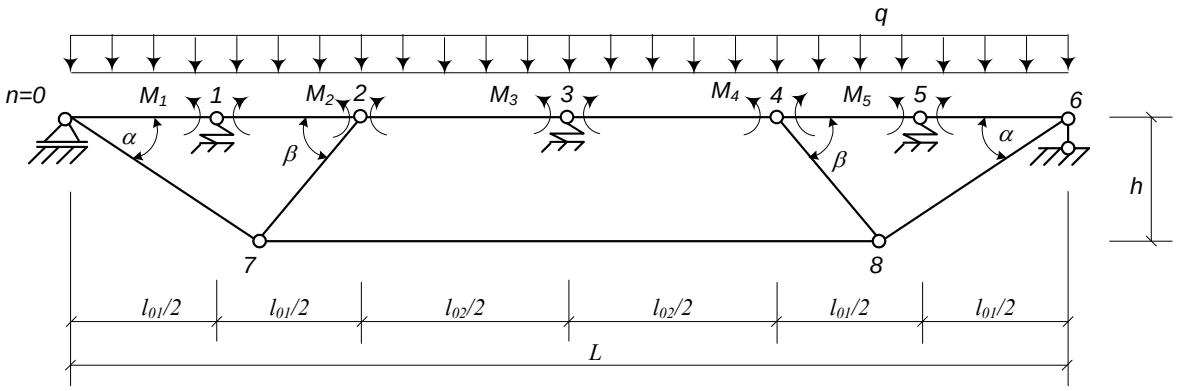

Рис.2. Розрахункова схема комбінованої конструкції

Розрахункова схема конструкції при введнні в верхньому поясі уявних шарнірів змодельована як ферма, в якій у верхньому поясі основними зусиллями є невідомі згинальні моменти, поперечні і поздовжні сили, в нижній частині ферми виникають лише поздовжні зусилля (рис. 3).

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Внаслідок деформацій балко-ферми під навантаженням, відповідно, змінюється положення її пружної осі. Позначимо через $n=0,..,i$ кількість характерних перерізів балки, в яких прикладені зовнішні навантаження або змінюються жорсткісні характеристики.

Запропонована методика базується на заміні фактичної пружної зігнутої осі балки на фіктивну з введенням уявних шарнірів з одночасним прикладанням згинаючих моментів у характерних точках, яким в реальній балці відповідають точки прикладання зовнішніх сил або перерізи зміни жорсткісних характеристик. Передбачається, що одночасне введення уявних шарнірів і відповідних згинаючих моментів не змінює положення фактичної пружної осі. Отже, пружну зігнуту вісь зобразимо як вісь з $n=0,..,i$ кількістю проміжних шарнірів, які внаслідок деформації змістились в вертикальному напрямі відповідно на величину y_{np} $(n=0,...,i)$.

Для виведення системи лінійних алгебраїчних рівнянь статичної рівноваги використовуємо методи перерізу або вирізання вузлів як для ферми, а також рівняння нерозривності деформацій, які записуємо для кожного характерного вузла.

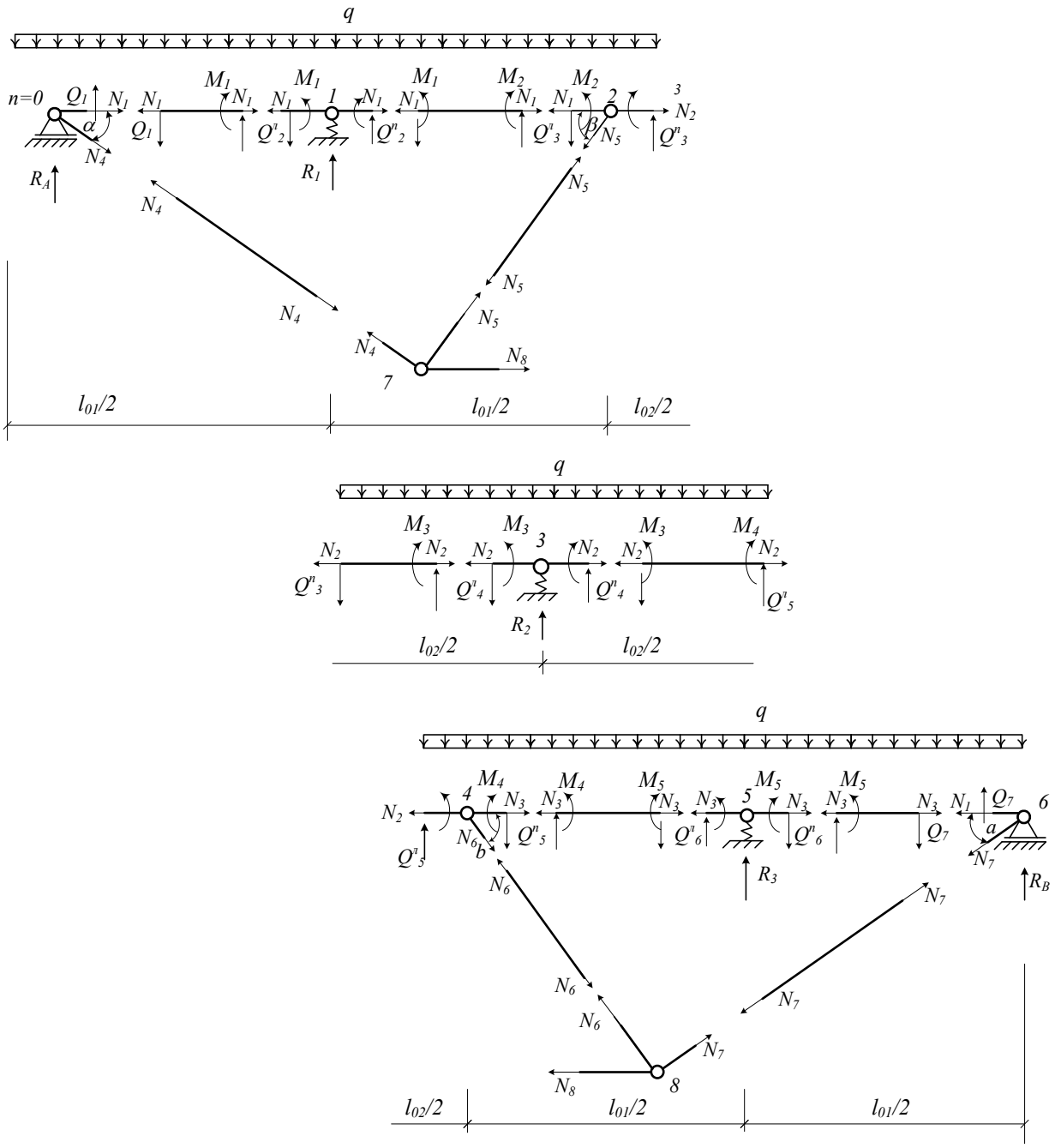

Рис.3. Основні зусилля в розрахунковій схемі комбінованої конструкції

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Для вузла 0:

$$\sum Y = 0: \; R_A - N_4 \sin\alpha + Q_1 = 0$$

$$Q_1 = N_4 \sin\alpha - R_A = N_5 \sin\beta - \frac{q}{2}(2l_{01} + l_{02})$$

$$Q_1 = N_5 \sin\beta - \frac{q}{2}(2l_{01} + l_{02}) \tag{3}$$

Для вузла 1:

$$\sum M_1^{Л} = 0: \; R_A \cdot \frac{l_{01}}{2} - \frac{q}{2} \cdot \left(\frac{l_{01}}{2}\right)^2 - N_4 \sin\alpha \frac{l_{01}}{2} - M_1 = 0$$

$$\frac{2M_1}{l_{01}} + N_5 \sin\beta = \frac{q}{4} \cdot (3l_{01} + 2l_{02}) \tag{4}$$

$$\sum Y = 0: \; R_A - N_4 \sin\alpha - \frac{ql_{01}}{2} + Q_2 = 0$$

$$Q_2 = N_5 \sin\beta - \frac{q \cdot (l_{02} + l_{01})}{2} \tag{5}$$

Для вузла 2:

$$\sum M_2^{Л} = 0: \; R_A \cdot l_{01} - N_4 \sin\alpha \cdot l_{01} - \frac{ql_{01}^2}{2} - M_2 = 0$$

$$\frac{M_2}{l_{01}} + N_5 \sin\beta = \frac{q}{2}(l_{01} + l_{02}) \tag{6}$$

$$\sum Y_2^{Л} = 0: \; R_A - N_4 \sin\alpha - ql_{01} + Q_3^{Ë} = 0$$

$$Q_3^{Л} = N_5 \sin\beta - \frac{ql_{02}}{2} \tag{7}$$

Для вузла 3:

$$\sum M_3^{Л} = 0: \; R_A \cdot \left(l_{01} + \frac{l_{02}}{2}\right) - N_8 h - \frac{q}{2} \cdot \left(l_{01} + \frac{l_{02}}{2}\right)^2 - M_3 = 0$$

$$\frac{M_3}{l_{01} + \frac{l_{02}}{2}} + \frac{N_5 \cdot (\sin\beta \cdot ctq\,\alpha + \cos\beta)h}{l_{01} + \frac{l_{02}}{2}} = \frac{q}{2} \cdot \left(l_{01} + \frac{l_{02}}{2}\right) \tag{8}$$

Для вузла 4:

$$\sum M_4^{П} = 0: \; -R_B \cdot l_{01} + N_7 \sin\alpha l_{01} + \frac{ql_{01}^2}{2} + M_4 = 0$$

$$\frac{M_4}{l_{01}} + N_6 \sin\beta = \frac{q}{2} \cdot (l_{01} + l_{02}) \tag{9}$$

$$\sum Y^{П} = 0: \; R_B - N_7 \sin\alpha - ql_{01} - Q_5^{П} = 0$$

$$Q_5^{П} = -N_6 \sin\beta + \frac{ql_{02}}{2} \tag{10}$$

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Для вузла 5:

$$\sum M_5^{\Pi} = 0: \; -R_B \cdot \frac{l_{01}}{2} + N_7 \sin\alpha \cdot \frac{l_{01}}{2} + \frac{q}{2} \cdot \left(\frac{l_{01}}{2}\right)^2 + M_5 = 0$$

$$\frac{2M_5}{l_{01}} + N_6 \sin\beta = \frac{q}{4} \cdot (3l_{01} + 2l_{02}) \tag{11}$$

$$\sum Y_5^{\Pi} = 0: \; R_B - N_7 \sin\alpha - \frac{ql_{01}}{2} - Q_6 = 0$$

$$Q_6 = -N_6 \sin\beta + \frac{q}{2}(l_{01} + l_{02}) \tag{12}$$

Рівняння рівності кутів повороту, виражені через згинаючі моменти M_{n-1}, M_n, M_{n+1} і вертикальні переміщення y_{n-1}, y_n, y_{n+1} пружньої зігнутої осі балки верхнього поясу конструкції:

$$M_{n-1}*\delta_{n,n-1} + M_n*\delta_{n,n} + M_{n+1}*\delta_{n,n+1} + \Delta_{np} = 0 \tag{13},$$

де

$$\delta_{n,m} = \sum\int \frac{M\overline{M}_i}{EI} ds + \sum\int \mu \frac{Q\overline{Q}_i}{EA} ds + \sum\int \frac{N\overline{N}_i}{EA} ds \tag{14}$$

Коефіцієнти рівняння (14) знаходимо перемноженням відповідних епюр одиничних моментів, поперечних і поздовжніх сил.

Отже, система рівнянь (3)–(14) є достатньою для знаходження невідомих згинаючих моментів, поперечних і поздовжніх сил та вертикальних переміщень в кожному заданому вузлі комбінованої конструкції.

Згідно з наведеною вище методикою складена програма розрахунку балок на ЕОМ. Отримані внаслідок розрахунку результати були зіставлені з експериментальними результатами, отриманими в НДЛ-19 протягом останніх років.

Висновок. Запропонований принцип введення уявних шарнірів у прийнятій розрахунковій схемі балко-ферми можна віднести до універсальних і його застосування дає можливість простішим способом на початковій стадії проектування за рахунок математичного апарата моделювати деформовано-напружений стан в елементах конструкції, що дає можливість економніше запроектувати конструкцію загалом.

1. Кваша В.Г., Іваник І.Г. Інженерний метод просторового розрахунку плитно-ребристих залізобетонних систем. Проблеми теорії і практики залізобетону // Ювілейна наук.-техн. конф., присв. 100-річчю від дня нар. д.т.н., проф.. М.С.Торяника. Збірн. наук. ст., В-во Полтавського державного технічного університету ім.. Кондратюка. – Полтава, 29-31 жовтня 1997 р. – с. 186–189. 2. Кваша В.Г., Попович Б.С., Іваник І.Г До розрахунку залізобетонних балок зі змінною по довжині жорсткістю. // Теорія і практика будівництва. Вісник ДУ "Львівська політехніка". – Львів, 1997. – № 335. – с. 56–62. 3. Іваник І.Г. Просторовий розрахунок перехресно-ребристих залізобетонних систем з урахуванням фізичної не лінійності. Рукопис дисертації на здобуття вченої степені канд..техн. наук. – Львів, 2000. 4. Гоголь М.В. Проблеми економічності несучих металоконструкцій перекрить і покрить // Теорія і практика будівництва. Вісник НУ "Львівська політехніка". – Львів, 2004. – № 520. – с. 42–45.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua