ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Завриев К.С. Расчет стержней на одновременное действие изгиба и осевого сжатия. – Тифлис. – 1932.
2. Клименко В.З. Развитие метода расчета сжато-изогнутых элементов в историческом аспекте / Зб. наук. праць УкрНДІ проектстальконструкція ім. В.М. Шимановського. Вип. 5. – К.: “Сталь”. 2010 – С. 130–139.
3. Клименко В.З. Устранение методологического диссонанса в расчете деревянных элементов, работающих на изгиб со сжатием / Промислове будівництво та інженерні споруди. №2, 2010. – С. 41–44.
4. Клименко В.З. Философская и методологическая основы расчета сжато-изгибаемых элементов деревянных конструкций / Сб. науч. трудов международного симпозиума. – Брест. – 2009. – С. 119–122.
5. Пинаджан В.В. Расчет деревянных стержней на одновременное действие изгиба и осевого сжатия / ЗИС. Вып. XIX. 1934. – Тифлис. – 70 с.
6. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебник для вузов. / [Карлсен Г. Г., Большаков В. В., Каган М. Е. и др.] Под ред. Карлсена Г. Г. [4-ое, изд. перераб. и доп.] – М. : Стройиздат, 1975. – 688 с.
7. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебник / [Гаппоев М. М., Гуськов И. М., Ермоленко Л. К. и др.] – М.: Издательство АСВ, 2004, – 440 с.
8. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции / Госстрой СССР – М.: Стройиздат, 1982. - 66с.
9. «Проектирование современных конструкций из клееной древесины на принципах новой концепции» / Клименко В.З., Найчук А.Я., Фурсов В.В., Михайловский Д.В. - К. Видавництво «Сталь», 2010, 24 с.

УДК 658.513.4:624.05 + 005.591.1

МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ПІДРОЗДІЛАМИ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

асп. Книжнікова О.О.

Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями. В умовах динамічності сучасного будівельного виробництва, застосування нових прогресивних технологій, значно збільшилися вимоги до організації будівельно-монтажних робіт (БМР).

Безумовно, на діяльність будівельних підприємств першорядний вплив має якість проектних рішень, які багато в чому визнають можливість застосування ефективних технологічних процесів. Поряд із собівартістю будівельно-монтажних робіт і тривалістю будівництва на стадії проектування формується вектор основних показників діяльності будівельних підприємств.

Задача оптимального розподілу робіт між підрозділами будівельного підприємства виникає в тому випадку, коли в організації є декілька підрозділів, які мають у своєму розпорядженні ресурси одного виду. Потрібно розподілити БМР між підрозділами, так щоб забезпечити максимально рівномірне завантаження всіх підрозділів.

Таким чином, на стадії планування виникає потреба оптимального розміщення робіт між підрозділами будівельного підприємства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз моделей розподілу ресурсів при виконанні будівельно-інвестиційних проектів [2, 3, 6], показав, що більшість науковців, вирішує проблему розподілу ресурсів на стадії планування [1, 4, 7], коли визначена номенклатура робіт, які підлягають здійсненню та визначені конкретні виконавці, що їх реалізують. У зв'язку з цим на стадії реалізації будівельно-інвестиційного проекту перед ОПР виникає необхідність вирішення задачі оптимального (раціонального) розміщення БМР між підрозділами будівельного підприємства.

Мета дослідження полягає у розробці моделі розподілу організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельного підприємства.

Основні матеріали дослідження. Припустимо, що у будівельного підприємства є $\boldsymbol{x}$ підрозділів, які мають потужності ресурсів одного виду для виконання БМР. Позначимо $\breve{O}_i$ обсяг робіт, який може виконати i-ий підрозділ, O_i – обсяг i-ої роботи, $i=(1, h)$. Потрібно розподілити роботи між підрозділами, так, щоб завантаження підрозділів (або їх перевантаження) було максимально рівномірним. Позначимо $k(ij)=1$ якщо i-а робота виконується підрозділом j, $k(ij)=0$ у противному випадку. Тоді рівень завантаження (перевантаження) підрозділу $\boldsymbol{i}$ можна оцінити величиною:

$$\Psi_i = \breve{O}_i^{-1} \sum_j \upsilon_i \cdot k(ij) \tag{1}$$

Задача полягає в розподілі робіт за підрозділами так, щоб мінімізувати:

$$min \Leftarrow \max_i \breve{O}_i^{-1} \sum_j \upsilon_i \cdot k(ij) \tag{2}$$

Розглянемо спочатку окремий випадок, коли $\breve{O}_i = \breve{O}$ для всіх i. У цьому випадку задача, що розглядається зводиться до класичної «*задачі про каміння*».

Розглянемо постановку «*задачі про каміння*». Є h «*каменів*» різної ваги. Потрібно розбити їх на n груп (куп) так, щоб максимальна вага каменів у групі була мінімальною. Задача про каміння має численні варіанти застосування (рівномірний розподіл робіт між виконавцями, функцій за підрозділами організаційної структури і т.д.) [2]. Дамо формалізовану постановку даної задачі.

Задача 1. Позначимо через Ω_i - вагу 1-го каменя, $k(ij)=1$ якщо камінь $\boldsymbol{i}$ потрапив в j-у купу, $k(ij)=0$ у противному випадку. Сумарна вага каменів у j-йгрупі дорівнює:

$$\ddot{I}_j = \sum_i \Omega_i \cdot k(ij) \tag{3}$$

Максимальна вага групи:

$$\ddot{I} = \max_j \sum_i \Omega_i \cdot k(ij) \Rightarrow min \tag{4}$$

Оскільки кожен камінь повинен бути розміщений тільки в одну групу, маємо обмеження:

$$\sum_j k(ij) = 1,\ i = (1, h) \tag{5}$$

Задача полягає в мінімізації (4) при обмеженнях (5). Розглянемо допоміжну задачу такого вигляду:

Задача 2. Фіксуємо допустиму вагу кожної групи *П* і сформулюємо наступну задачу: максимізувати суму ваги каменів, що розміщено у ящиках місткістю *П*:

$$F = \sum_{i,j} \Omega_i \cdot k(ij) \Rightarrow max \tag{6}$$

при обмеженнях:

$$\sum_i \Omega_i \cdot k(ij) \le \ddot{I},\ j = (1, n) \tag{7}$$

Зв'язок між задачами (4) - (5) і (5) - (7) очевидний. Мінімальна ***П***, при якому в оптимальному вирішенні задачі 2 розміщені всі камені, визначає оптимальне рішення задачі 1.

Спочатку сформуємо сітьове представлення [1] задачі 2, яке представлено на рис. 1 для випадку $h = 3$, $n = 2$.

Оскільки структура сітьового подання має вигляд сітки, а не дерева, то для побудови оціночної задачі розділяємо кожну вершину, нижнього рівня на дві вершини. Змінена структура приведена на рис. 2. Все також ділимо на дві частини r_i і b_i для кожної вершини нижнього рівня так, щоб:

$$r_i + b_i = \Omega_i,\ \forall(i, j) \tag{8}$$

Таким чином, розглянемо наступні дві задачі.

Перша задача. Визначити $k(ij)$ так, щоб максимізувати:

$$max \Leftarrow \sum_{i,j} r_{ij} \cdot k(ij) \tag{9}$$

при обмеженнях (5).

Друга задача. Максимізувати:

$$max \Leftarrow \sum_{i,j} b_{ij} \cdot k(ij) \tag{10}$$

при обмеженнях **(7)**.

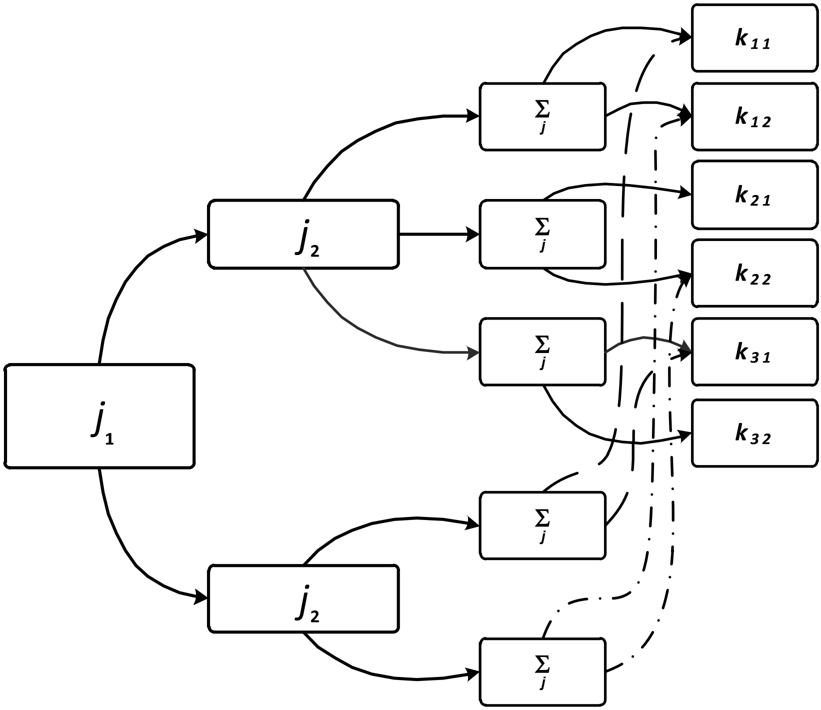

Рис. 1. Сітьове представлення задачі 2

Позначимо $\Phi_{opt}(r)$ та $\mathrm{B}_{opt}(b)$ оптимальні рішення першої та другої задач при заданих r і b. Оціночна задача полягає у визначенні $\{r_i\}$ і $\{b_i\}$, які мінімізують:

$$\Psi(r,b) = \Phi_{opt}(r) + \mathrm{B}_{opt}(b) \tag{11}$$

при обмеженні (8).

Зазначимо, по-перше, що в оптимальних рішеннях першої та другої задач можна прийняти:

$$r_{ij} = m(i), b_{ij} = \eta_i - m(i), \ j = (1,n)$$

По-друге, рішення першої задачі вочевидь:

$$\Phi_{opt}(k) = \sum_i m(i) \tag{12}$$

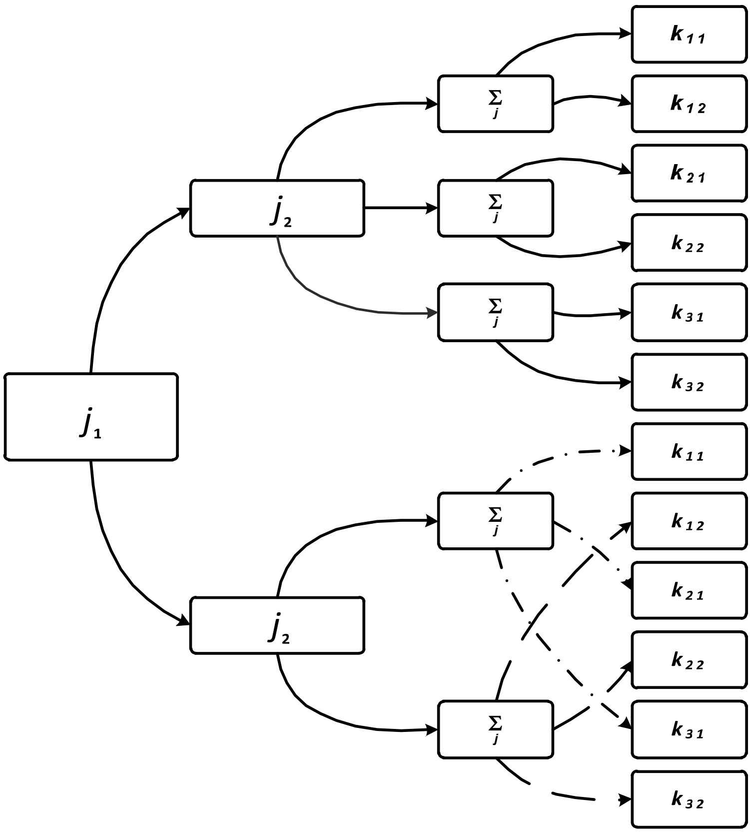

Рис. 2. Змінена структура представлення задачі 2

По-третє, рішення n других задач при заданих $\{m(i)\}$ зводиться до вирішення однієї задачі про ранець: визначити $k(i) = (0, 1)$, які максимізують:

$$\sum_i k(i)\cdot(\eta_i - m(i)) \tag{13}$$

при обмеженні:

$$\sum_i k(i)\cdot\eta_i \le \ddot{I} \tag{14}$$

Вирішимо задачу (13) і (14) при $m(i) = 0$, $i = (1, h)$.

Позначимо через $M(\breve{O}) = M(\breve{O}_i)$ множину векторів k, які задовольняють умові (14) та упорядковані за убуванням при $A_j = \Sigma\eta_i \mid i \in M(\breve{O}_j)$, $X_j = \Sigma m(i) \mid i \in M(\breve{O}_j)$, тоді:

$$Q = \max_j(\mathrm{A}_j - \mathrm{X}_j) \tag{15}$$

Зазначимо, що при заданих $\{m(i)\}$ Q визначає оптимальне рішення кожної з m других задач. Оцінка (11) при цьому дорівнює:

$$\Psi(m) = n \cdot Q + \sum_i m(i) \tag{16}$$

де $m(i) \geq 0$ задовольняють нерівностям:

$$\mathrm{A}_j \leq \sum m(i) + Q \,\Big|\, i \in M(\breve{O}_j), \quad j = (1, \mathrm{K}) \tag{17}$$

де K - число різних рішень нерівності (14). Таким чином, задача звелася до визначення $0 \leq m(i) \leq \eta_i$, $i = (1, h)$ та $0 \leq Q \leq A_j$ які максимізують (16) при обмеженнях (17), а це звичайна задача лінійного програмування, для якої існує безліч методів вирішення.

Фіксуємо величину Q і визначаємо максимальний номер l такий, що $Q \leq A_l$. Розглядаємо наступну задачу лінійного програмування у якій необхідно визначити $0 \leq m(i) \leq \eta_i$, $i = (1, l)$, та мінімізується наступна цільова функція:

$$\mathrm{X}(Q) = \sum_i m(i) \;\Rightarrow min \tag{18}$$

при обмеженнях (17), де $j = (1,\ l)$. Двоїста задача при цьому буде мати наступний вигляд, коли необхідно визначити $r_i \geq 0$, $j =(1, l)$, при максимізації $\sum_{j=1}^{l} (\mathrm{A}_j - Q) \cdot r_j$ та обмеженнях: $\Sigma r_i \leq 1 \mid j \in M(P_i)$, $j =(1, h)$, де $M(P_i)$ - безліч j, містять камінь i.

Позначимо через $\mathrm{X}_0(Q)$ мінімальне значення $\mathrm{X}(Q)$. Оціночна задача зводиться до мінімізації функції одного змінного:

$$\mathrm{X}_0(Q) + n \cdot Q \to \min \tag{19}$$

Беремо $\Pi_0 = H / n$, де $H = \sum_i \eta_i$, і вирішуємо задачу 2. Якщо $F_{max}(\Pi_0) < H$, то збільшуємо Π_0 до Π_1 так, щоб з'явився хоча б один новий вектор $M(\breve{O}_j)$. Якщо $F_{max}(\Pi_1) < H$, то продовжуємо збільшення Π до тих пір, поки не отримаємо величину Π_l таку, що $F_{max}(\Pi_l) \geq H$. Величина Π_l є нижньою оцінкою для задачі 1.

Таким чином, доведено, що розглянута оптимізаційна задача практично зводиться до вирішення задачі розподілу ресурсів та для її вирішення можна застосувати метод меж і гілок.

Висновки. Сформульована в статті модель оптимального розподілу БМР між підрозділами будівельного підприємства забезпечує максимально рівномірне завантаження всіх його підрозділів. Запропонований підхід відрізняється врахуванням продуктивності кожної одиниці ресурсів, що використовуються та дозволяє досягти найбільш близького до рівномірного розподілу ресурсів будівельного підприємства у часі.