

## ОПТИМІЗАЦІЯ ОПЕРАТИВНИХ ПЛАНІВ ЗА РЕСУРСНИМИ КРИТЕРІЯМИ

## OPTIMIZATION OF OPERATIONAL PLANS ACCORDING TO RESOURCE CRITERIA



*Лихоступ Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, e-mail: [lychostup5n5@gmail.com](mailto:lychostup5n5@gmail.com), тел. +380442807909, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 206.*

<https://orcid.org/0000-0001-8139-1768>

**Анотація.** В статті складена система вирішення задач, які є актуальними в процесі складання та оперативного управління процесами реалізації оперативних планів будівельного виробництва. В якості ведучого критерію при цьому рекомендується використання показник максимальної зайнятості у виробництві трудових та технічних ресурсів. В принципі акцент статті поставлено на формування та вирішення двох задач. Перша задача полягає у формуванні документів, які регламентують складання оперативних планів. Особлива увага при цьому приділена розробці циклограм, що визначають часову свободу виконання оперативних планів. В свою чергу створення циклограм базується на принципах сітьового моделювання, Побудова сітьових моделей передбачає використання принципів технологічної маршрутизації трудових і технічних ресурсів в рамках окремих проектів, а кращий варіант сітьової моделі визначається показником максимального використання за часом їх нормативної трудомісткості. Друга задача полягає в реалізації системи оперативного регулювання процесів фактичного виконання завдань виробничих підрозділів в мінливих умовах виробництва. З цією метою використані створені раніше моделі оперативного регулювання виробництва, формування яких базується на простій вихідній інформації. Для практичного використання інформації та документів, що регламентують виконання оперативних планів, розвинуті ідеї експертної оцінки поточних даних про складену виробничу ситуацію та можливих варіантів переміщення ресурсів в рамках відомих резервів.

**Ключові слова:** оперативні плани, сітьові моделі, матриці технологічних маршрутів, циклограми, методи оперативного регулювання.

### Вступ

Ефективність роботи будь – якого підприємства залежить від успішної роботи його підрозділів – спеціалізованих служб, цехів, виробничих дільниць та інших. В свою чергу успішна та ефективна робота виробничих підрозділів залежить від багатьох факторів. Це, перш за все, надання чіткої та зрозумілої перспективи виконання виробничих програм робіт, що визначається в оперативних планах. Насамперед, це в декадно – добових оперативних планах, в яких показники та параметри діяльності виробничих підрозділів формуються в залежності від загальної стратегії організації робіт по виконанню конкретного контракту. Таким чином просліджується залежність формування оперативного плану від якості проектування організації виробництва робіт контракту. Але, з іншого боку, жорсткі умови виконання робіт, що можуть бути визначені в контракті, не дають

змоги для динамічного розгортання діяльності виробничих підрозділів. Тому у вихідних документах, що регламентують організацію виробництва, слід передбачити можливу динаміку впливу на виробництво різноманітних факторів. У крайньому випадку мова йде про облік впливу технологічних факторів, що можливе із використанням методів сітьового моделювання виробництва. Для успішної реалізації таких методів можливе їх реалізація за ресурсними критеріями, що дає змогу оминати недоліки сітьового моделювання за існуючими методами.

Але навіть чітке прописування оперативного плану не дає можливості для його успішної реалізації в умовах впливу на виробництво різноманітних випадкових факторів. Тому слідуюча задача оперативного планування – це оперативне регулювання параметрів складених планів. Така задача може бути вирішена шляхом зміни різноманітних виробничих параметрів, що найбільш можливе та реально доступне – це регулювання ресурсних параметрів у визначений час. Процедури визначення зміни інтенсивності використання ресурсів формують різноманітні способи вирішення такої задачі, реалізації яких дає змогу визначити процедури ліквідації негарездів у поточних змінах виконання оперативних планів.

### **Виклад основного матеріалу**

В системі планування діяльності виробничих систем оперативні плани мають заключне, але особливе призначення. Саме вони орієнтовані на формування поточних завдань виробничих підрозділів, що дає змогу не тільки якісно та вчасно їх виконати, але і здійснити поточний контроль за їх реалізацією. Формування виробничих завдань та оперативне регулювання їх виконання здійснюється в основному на рівні декадно – добового та недільно – добового планування [ 1, 2 ].. Вихідною інформацією для формування виробничих завдань в межах цих періодів оперативних планів є інформація про строки виконання контракту в цілому та трудових процесів окремо, а також дані про кількість виконавців, що повинні приймати при цьому участь. Така інформація є результатом проектування організації трудових процесів і надається у вигляді графічних документів та ресурсних відомостей, складання яких регламентується державними та галузевими документами [ 3,4 ]..

Але проблема полягає в тому, що традиційні документи організації робіт регламентуються чіткими строками та чітко визначеними потребами в ресурсах – трудових та технічних. Тому такі документи гублять свою чинність та практичну потребу внаслідок впливу на виробництво випадкових факторів. Це положення визиває потребу у складанні таких документів з організації виконання трудових процесів, які дали б змогу в більшому часовому просторі оперувати використанням ресурсів з змінних умовах виробництва. Такі документи можуть трактуватись як так звані циклограми виконання робіт

Побудова графічних документів, що регламентують виконання трудових процесів чи окремих виробничих завдань підрозділів, у вигляді циклограм можлива з використанням методів сітьового моделювання [ 5 ]. Ідеї побудови сітьових моделей використовують елементи теорії графів, яка є розділом дискретної математики [ 6 ]. Вперше теоретичні основи сітьового моделювання та його використання на практиці було здійснено в 1956 в США М.Уоркером та Д.Келлі. Цей метод спочатку був відомий як «метод Уоркера – Келлі». а пізніше став відомий як СРМ – метод (Critical Path Method).

Недоліки СРМ – методу викоренені в процесі розробки методу організаційно – технологічного моделювання (ОТМ – методу) [ 8 ]. Формалізація ОТМ – методу була розроблена для реалізації проектів лінійного виробництва – автомобільних доріг, залізниць, трубопроводів та інших. Цей метод дає можливість скласти один варіант сітьової моделі, чітко визначити структуру робіт та час їх виконання в межах всього строку проекту, що дає змогу скласти реальні оперативні завдання для виробничих підрозділів і скласти графічні документи оперативного управління виробництвом у вигляді циклограм.

Таблиця 1 - Матриця технологічних маршрутів ресурсів (МТМ).

Table 1 - Matrix of resource technological routes (RTR).

n	-----	-----	-----	.....	Pnm, Pnm,3: Pnm, 7: .....
...	.....	.....	.....	.....	.....
3	-----	P23, 2: P23, 4: P23, 5: P23, 7: .....	P33,1: P33, 5: P33, 4: .....	.....	-----
2	-----	P22, 1: P22, 4: P22, 7: P22, 9: .....	P23, 5: P23, 7: .....	.....	-----
1	P11, 5:P11, 7: .....	-----	-----	.....	-----
	1	2	3	.....	m

Незважаючи на свою надзвичайну популярність при вирішенні різноманітних задач планування та управління виробництвом [ 7 ], СРМ – метод має суттєві недоліки, а саме:

- відсутні основи поняття «роботи» сітьової моделі, як частини трудового процесу;
- час виконання кожної роботи розраховується автономно без урахування загальних часових обмежень проекту;
- в залежності від бачення експертів, які складають сітьову модель, для одного проекту може бути складено її багато варіантів, що ускладнює процедури вибору кращого рішення.

В розвиток ОТМ – методу рекомендується так званий МТМ – метод, суть якого полягає як на основі сітьового моделювання, так і на використанні принципів технологічної взаємозалежності між трудовими процесами. Базою цього методу є складання так званих матриць технологічних маршрутів ресурсів, приклад якої наведено в табл.1. Матриця технологічних маршрутів ресурсів проекту формується наступним чином: в першому вертикальному стовпчику в порядку зростання номерів проставляється кількість трудових процесів, що виділені в проекті, тобто  $i = 1, 2, \dots, n$ , де  $i$  – це номер виділеного трудового процесу. В нижній горизонтальній стрічці матриці проставлені номери виділених за певною ознакою місця характерних сполучень суміжних трудових процесів  $-j = 1, 2, \dots, m$ . Місця характерних сполучень суміжних трудових процесів визначаються за двома варіантами. Перший – це із використанням принципів ОТМ – моделювання, а другий – це за принципами побудови технологічного графа (варіанта сітьової моделі), коли може бути зафіксована технологічна послідовність виконання трудових процесів. Наприклад, відношення між клітинами  $1 - 1$  та клітинами  $2 - 2$  і  $3 - 2$  наступне: Після завершення частини трудового процесу в обсягах клітини  $1 - 1$  можуть бути розпочаті роботи по виконанню частини другого трудового процесу в обсягах клітини  $2 - 2$ , а також частини третього трудового процесу в межах виділених обсягів  $3 - 2$ . Відповідно до

обсягів робіт виділених частин трудового процесу кожної клітини в ній проставлені розрахункові дані нормативних витрат ресурсів, які визначаються в залежності від обсягів робіт, що формують відповідну клітину. Клітинки МТМ - матриці заповнені інформацією про нормативну трудомісткість виконання частини трудового процесу в межах зафіксованих сполучень між трудовими процесами –  $P_{ij,r}$ , де  $r$  – це номер ресурсу. Трудові ресурси вимірюються в одиницях трудомісткості – люд. X год., а технічні ресурси – в маш. X год.

Алгоритм використання МТМ - матриці для визначення раціональних параметрів виконання трудових процесів – часу виконання окремих виробничих завдань та кількості виконавців – включає;

Етап 1. Перегляд технологічного маршруту кожного ресурсу: від клітини  $l - l$  до клітини  $n - m$  з метою виявлення такого ресурсу, який зустрічається на кожному проміжку  $l - m$ . Наприклад, це ресурс . Якщо таких ресурсів кілька, то вибирається будь – який із них, але, як правило, найбільш вагомий, який називається ведучим ресурсом

Етап 2. Визначається сумарна потреба у вибраному ресурсі –  $SP_r$  на технологічному маршруті, тобто:

$$SP_r = \sum \sum P_{ij,r} \text{ наприклад: } SP_7 = P_{11,7} + (P_{22,7} + P_{23,7}) + P_{11,7} + \dots + P_{nm,7}. \quad (1)$$

Етап 3: Розраховується час виконання кожної виділеної частини трудового процесу (дійсної роботи сільової моделі) –  $T_{ij}$  за відношенням:

$$T_{ij} = (P_{ij,r} / SP_r) \times T_k, \quad (2)$$

де  $T_k$  - загальний час виконання контракту (проекту).

Етап 4. Розрахунок кількості виконавців (кількості робочої сили –  $N_{ij}$  та механізмів  $M_{ij,s}$ , де  $s$  – це тип засобів механізації) для виконання кожної виділеної частини трудового процесу із використанням так званої основної формули [ 8 ] та відповідних коефіцієнтів використання кожного ресурсу за часом [ 8 ] –  $K_{вч,r}$ .

Етап 5. Розраховується сумарний зважений коефіцієнт використання ресурсів за часом всього проекту:

$$K_{вч.сер} = (\sum \sum (K_{вч.ij,r} \times N_{ij,r} (M_{ij,sr}) \times C_{ij,r} \times T_{ij}) / (\sum \sum (N_{ij,r} (M_{ij,sr}) \times C_{ij,r} \times T_{ij})), \quad (3)$$

де  $C_{ij,r}$  - вартість експлуатації ресурсу  $r$  - го типу, а це годинна тарифна плата робітників або механізаторів чи вартість експлуатації однієї машино – години.

Подальші можливості використання отриманої інформації на основі МТМ - моделей можливі за кількома напрямками:

По – перше, це формування алгоритму кращого варіанту оперативного виконання завдань, що визначені в спеціальних зонах (табл.. 1) . Є два шляхи вирішення цієї задач, але перший полягає в тому, що на першому етапі вище визначеного алгоритму змінюється тип виробничого ресурсу –  $r$ . Тобто в якості так званого ведучого ресурсу може бути прийнятий інший ресурс, який вкладається у всю технологічну гілку між клітинами  $l - l$  та  $n - m$ . Визначення кращого варіанту виконання контракту в межах обмежених строків виконання трудових процесів при умові зміни розрахункового ресурсу може бути трактовано слідуочим чином: Завдається будь - який ресурс, використання якого слідує всьому проекту ( від клітини  $l - l$  до клітини  $n - m$ ), а потім для кожного варіанту завдання типу ресурсу на послідуочих етапах алгоритму розраховується  $K_{вч.сер}$  для кожного із них. Звичайно, вибирається той варіант ресурсного насичення проекту, який відповідає мпксимальму знесенню  $K_{вч.сер}$ .

По – друге, після визначення кращого варіанту ресурсного забезпечення проекту можлива побудова сільової моделі. У цьому випадку слід звернути увагу на те, що принципово ліквідуються основні недоліки побудови сільової моделі за методом Уоркера - Келлі (СРМ – методу), так як мова

йде про формування тільки одного варіанту сітьової моделі, а потім – час виконання дійсних робіт, що залежить від трудомісткості використання ресурсів на окремих ділянках -  $T_{ij}$ , розраховується за простою формулою (2). Час реалізації робіт типу організаційно – технологічних перерв у цьому випадку рекомендується не розраховувати за відносно складними відношеннями [ 8 ], а прийняти у відповідності до вимог так званого низового оперативного управління. Тобто час реалізації робіт типу організаційно – технологічна перерва приймається як 5 змін. Розрахунок часових параметрів сітьових моделей дозволяє побудувати графічні документи організації виконання робіт в межах контракту у вигляді циклограм. Побудовані циклограми, як графічні документи, надають можливість оперативного регулювати хід розвитку трудових процесів в межах розрахованих часових резервів.

По – третє, результати визначення кращого варіанту організації виконання трудових процесів та побудовані циклограм надають можливість скласти об'єктивні оперативні завдання виробничим підрозділам, які не тільки формують конкретні для кожного виробничого підрозділу виробничі завдання в межах оперативного недільно – добового планування, але також визначають основи подальшого оперативного контролю та регулювання ситуацій що до виконання виробничих процесів.

В – четверте, накопичена на попередніх етапах інформація про виконання часу виконання оперативних завдань виробничими підрозділами дає змогу оцінити кращий варіант організації виконання контракту за критерієм організаційно – технологічної надійності [ 9 ].

Але навіть ретельно складені таким чином оперативні плани не дають можливості гарантувати їх визначене розрахункове виконання, так як внаслідок впливу на виробництво випадкових факторів реальні процеси розвитку виробництва можуть відрізнятись від попередньо складених. В принципі, процеси розвитку виробничих процесів повинні відповідати обмеженням часових резервних зон складених циклограм. Коли спостерігається відхилення фактичного розвитку виробничих процесів від розрахункового – відставання або випередження - , то виникає слідуюча задача оперативного управління виробництвом – його регулювання.

Така задача може бути вирішена шляхом зміни в межах певного часу параметрів організації виробництва. Але змінити технологію виконання робіт (технологічні параметри), обсяги виробництва (об'ємні параметри) чи час виконання робіт (часові параметри) не можливо, то залишається тільки одна можливість оперативного регулювання виробництва за рахунок зміни інтенсивності використання ресурсів (ресурсних параметрів). Раніше виконані науково – дослідні роботи [ 8 ]кі були орієнтовані на вирішення задач оперативного регулювання виробництва шляхом зміни інтенсивності використання ресурсів, що відтворено різними методами – аналітичним, графічним та оптимізаційним. Оригінальність цих методів полягає в тому, що їх використання базується на простій вихідній інформації: часу відхилення фактичного виконання трудового процесу від розрахункового, складу виробничого підрозділу – розрахункового та фактичного, а також обсягів виробництва на момент регулювання оперативного плану. Вирішення задачі оперативного регулювання фактичного ходу виконання трудових процесів має однакову мету – в якій, однаковий для всіх виробничих процесів, проміжок часу слід змінити інтенсивність використання ресурсів, тобто зняти деяких з виробництва, деякі, навпаки, залучити до виконання робіт і в якій кількості. Також паралельно вирішується і задача визначення обсягів виробничих завдань, що були першочергово визначені в оперативних планах.

Звичайно, всі створені методи оперативного регулювання фактичного виконання трудових процесів за ресурсними критеріями базуються на спеціально розроблених для цієї мети математичних моделях. Але в реальних умовах виробництва скласти нашвидкуруч системи лінійних рівнянь або формувати цільові функції та обмеження задачі є не простою задачею. Тому практичне використання інформації про нестабільність фактичного виробництва з метою його покращання може бути рекомендоване на основі експертних підходів. Знання про інтенсивність використання окремих ресурсів у складі виробничих підрозділів, що визначається коефіцієнтами використання нормативного часу ресурсів та інформація про часткові резерви окремих робіт дає можливість спеціалісту з планування та організації виробництва вирішити задачу оперативного перерозподілу ресурсів в межах найближчого часу.

### Висновки

Наведені в статті підходи оперативного управління процесами виконання оперативних планів уявляють систему вирішення взаємопов'язаних задач. Вирішення кожної задачі базується на створенні відносно складних математичних моделях, а практична реалізація розрахунків за цими моделями вимагає складання відповідного програмного забезпечення. Незважаючи на таку складність вирішення задач управління системою формування та регулювання процесів виконання оперативних планів, це поки – що один із реальних шляхів вирішення цієї проблеми.

### Перелік посилань

1. Таукач Г.Л. Наукові основи організації праці в будівництві.-К.: Вища школа, 1972. – 256 с.
- 2.Лихоступ М.М., Чернявский А.Д., Флейтух Р.Е. Оперативное управление в дорожно-строительных организациях. К.: Будівельник, – 1988. – 128 с.
3. ДБН А .3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва // Мінрегіон України. – К, 2016. – 49 с.
4. Інструкція про порядок складання, погодження і затвердження проектів організації будівництва і проектів виконання робіт в дорожній галузі (до ДБН А.3.1-5-96 "Організація будівельного виробництва") (ІН А.3.1-218-312:2008). УДВТП „Укрдортех-нологія”. – Київ, 2008. – 50 с. (Архів Укравтодору в ДерждорНДІ)
5. Николаева К.Э, Кобійчук В.В. Дискретний аналіз. Графи та їх використання в економіці. Навчально – методичний посібник. Суми: УАБС НБУ, 2007.- 84 с.
6. Капітонова Ю. В., Кривий С. Л., Летичевський О. А., Луцький Г. М. Основи дискретної математики. — К.: Наукова думка, 2002. — 580 с.
7. Васильков В. Г. Організація виробництва: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 524 с.
- 8.Ліпський Г.Є., Лихоступ М.М., Основи організації, планування та управління дорожнім виробництвом //Підручник Міносвіти України//, ч.1 – ч.2.,„ГРАНМНА”. – Київ, 2010. – 400 с.
9. Лихоступ М.М. Використання критерію організаційно-технологічної надійності при вирішенні задач оперативного управління виробництвом. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 55. – Київ, 1998. – С.82 – 92.

### CONCEPTION OF STRATEGIC PLANNING OF TRAVELLING ECONOMY

**Lykhostup Mykola M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University. Number ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8139-1768>

**Abstract.** The article contains a system for solving problems that are relevant in the process of drawing up and operational management of the processes of implementation of operational plans for construction production. As a leading criterion, it is recommended to use indicators of maximum employment in the production of labor and technical resources. In principle, the emphasis of the article is on the formation and solution of two problems. The first task is to create documents that regulate the preparation of operational plans. At the same time, special attention is paid to the development of cyclograms, which determine the time freedom for the implementation of operational plans. In turn, the creation of cyclograms is based on the principles of network modeling, the construction of network models involves the use of the principles of technological routing of labor and technical resources within the framework of individual projects, and the best version of the network model is determined by the indicator of maximum use by time of their normative labor intensity. The second task is to implement a system of operational regulation of the processes of actual performance of the tasks of production units in changing conditions of production. For this purpose, previously created models of operational regulation of production were used, the formation of which is based on simple initial information. For the practical use of information and documents regulating the implementation of operational plans, the ideas of expert assessment of current data on the complex

production situation and possible options for moving resources within the framework of known reserves have been developed.

**Keywords:** operational plans, network models, matrices of technological routes, cyclograms, methods of operational regulation.

### References

1. Taukach G.L. Naukovi osnovy organizaziy prazi v budivnyzvtvi. – K: Vyscha shkola, 1972.- 256 s.
2. Lychostup M. M., Chernjavskiy A.D., Fleytuch P.E. Operatyvnoe upravlenie v dorozhno-stroitelnykh organizazijakh/ K.: Budivnyk, - 1988. – 128 s. .
3. DBN A 3.1-5:2016. Organizazija budivelnogo vyrobnyztva // Minregion Ukrainy. – K., 2016. – 49 s.
4. Instrukzija pro porjadok skladannja, pogodzhennja I zatverdzhennja proektiv organizaziy budivnyztva I proektiv vykonannja robit v dorozhnyy galuzi (do DBN A 3.1 – 5:96 “Organizazija budivelnogo vyrobnyztva”) (IN A.3.1 – 218 –312:2008). “Ukrdortekhnologija”.-K.: - 2008/ - 50 s/ (Archiv Ukravtodoru v DerzhdorNDI).
5. Nikolaeva K.E., Kobiychuk V.V. Duskretniy analiz. Grafy ta ych vykorystannja v ekonomizi. Navchalno – metodychniy posibnyk. Sumy: UABS NBU, 2007. -84 s.
6. Kapitonova Ju.V., Kryvyp S.L., Letychevskiy O.A., Luzkyi G.M. Osnovy duskretnoi matematyky/ K.: Naukova dumka, 2002. – 580 s.
7. Vasylkov V.G. Organizazija vyrobnyztva. Navch. posibnyk. – K.: KNEU, 2003/ – 524 s.
8. Lipskyi G.E., Lychostup M.M. Osnovy organizazii, planuvannja na upravlinnja dorozhnim vyrobnyzvtvom // Pidruchnyk Minosvity Ukrainy//, ch.1 – ch. 2.Gramma – Kyiv, 2010. –400 s..
- 9.Lychostup M.M. Vykorystannja kryteriju organizaziyno – technologicnoi nadiynosti pry vyrishenni zadach operatyvnogo upravlinnja vyrobnyzvtvom. Zb.:Avtomobilni dorogy i doroschne budivnyztvo.Vyp. 55. – Kyiv, 1998. – S.82 – 92.

*Надійшла до редакції 13.04.2023.*