

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ

УДК 004.413.2:656.025.4

В.І. Бабіч, Ю.А. Білик

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ІНТЕРВАЛЬНИХ ГРАФІКІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Розглянуто загальний підхід до організації перевезень з висвітленням основних складових даного процесу. Запропоновано математичні моделі для розв'язання задач побудови ІГТ. Запропоновано розгляд комплексного управління та висвітлено основні етапи формування замовлень на транспортування з використанням інформаційних технологій управління проектами.

Ключові слова: *перевезення, графік транспортування, модель, метод, система, інтервальний графік, комплексний підхід, управління проектами, класифікація, схема транспортування*

Вступ

Всі підприємства будь-якої країни світу намагаються у своїй діяльності організувати чітку роботу всіх підрозділів для досягнення найкращих результатів з якомога меншими витратами. Від чіткої організації транспортного процесу залежить якість роботи підприємства в цілому. Це доводить приклад роботи корпорації «Ніссан», де за рахунок чіткої організації процесів виробництва і транспортування, компанія досягла того, що зовсім відмовилась від складування запасних частин, які їй поставляються з підприємств супутників у необхідній кількості та у необхідному обсязі і головне у потрібний час [1]. У цій статті розглянуто можливі варіанти організації транспортного процесу за допомогою інтервальних графіків транспортування (ІГТ).

Під ІГТ розуміють графік руху для кожної одиниці транспорту, в якому задається замовлення доставки (номер, маршрут та максимально-можливий чи бажаний інтервал доставки), а також розраховані інтервали (резерви часу) відправлення від складів та інтервали прибуття на об'єкти. Інтервали вміщують резерви часу для забезпечення надійності транспортування, а також організаційні перерви (обід, перезмінка, вихідний день тощо).

Загальний принцип організації транспортування

Будівництво є одним з видів виробництва. Виконання планів виробництва (зведення об'єкта будівництва) залежить від постачання матеріалів та ресурсів, що неможливо без добре організованого процесу транспортування. До головних задач у

процесі організації транспортування можна віднести:

- задоволення потреб замовників (об'єктів будівництва) у автомобільних перевезеннях (постачання ресурсів);
- побудова нових та виконання існуючих планів транспортування;
- ефективне використання транспортних засобів;
- підвищення ефективності праці (водіїв та диспетчерської служби);
- максимальне зниження транспортних витрат.

Отже вирішення першої задачі неможливе без якісного виконання інших. Для вирішення цих задач запропоновано як програмні засоби управління транспортом [2-7], так і моделі організації транспортування [8;9]. Але головним недоліком систем є те, що вони зорієнтовані на логістичний підхід і відповідно вирішують поставлені задачі лише для одного рейсу одиниці транспорту. Моделі, які пропонуються і можуть використовуватися для планування на деякий час (зміна, день), зорієнтовані на транспорт незагального користування, тобто транспорт, який використовується всередині підприємства. На цей транспорт не впливає більшість збурень, але при використанні даних моделей для умов міст вони стають малоефективними внаслідок частих збурень.

Відповідно до зазначених недоліків доцільна розробка підходу, який би забезпечував вирішення основних задач, а особливо побудову та виконання графіку транспортування, і при цьому міг адаптуватися до умов міст, тобто був би малочутливим до зовнішніх частих збурень.

Перед тим як перейти до можливих варіантів формування графіків транспортування розглянемо у загальних рисах процес організації перевезень.

В загальному випадку постачання ресурсів може здійснюватися як від власних заводів-виробників, так і від постачальників. Узагальнена схема постачання показана (рис. 1).

Підприємствам притаманні всі варіанти схем транспортування, але основна увага буде зосереджена на «петльовій», оскільки вона використовується найчастіше (особливо для будівництва).

Також слід розглянути можливі варіанти формування замовлень на постачання. На сьогодні формування замовлень відбувається за допомогою паперових носіїв, тобто виконавець робіт на об'єкті будівництва відповідно до плану робіт формує замовлення та передає його у відділ постачання

За наведеною схемою можна побачити, що постачання відбувається за різними схемами руху одиниць транспорту (ОТ), такими як петльова, лінійно-цикл та мережа (рис. 2) [10].

Даний підхід зберігся ще з часів Радянського Союзу і більшість підприємств працюють за цією схемою.

Альтернативою даного підходу є варіант з використанням інформаційних технологій (ІТ) управління проектами (УП). При цьому формування замовлень відбувається системою на необхідний період, у відповідності до планів виконання робіт. Але для використання даного підходу є досить важливим оперативне відслідковування складського обліку як на об'єктах будівництва, так і на складах постачання.

Як один з варіантів ІТ УП, для прикладу, було вибрано «Karts-Planner» [11]. Розглянемо принципи організації комплексного вирішення задачі транспортування.

Одним з важливих питань також є стратегія транспортування – «безперервний транспортний процес» (БТП) або організація «послідовностей». Під БТП розуміють транспортування виробів від різних постачальників до різних споживачів. При організації «послідовностей» рух ОТ відбувався лише від одного постачальника до одного споживача.

Відповідно до перерахованих особливостей, а також з врахуванням варіантів цільових функцій було розроблено загальну класифікацію задач для ефективного вирішення питання побудови та виконання графіків транспортування (рис. 3) [12].

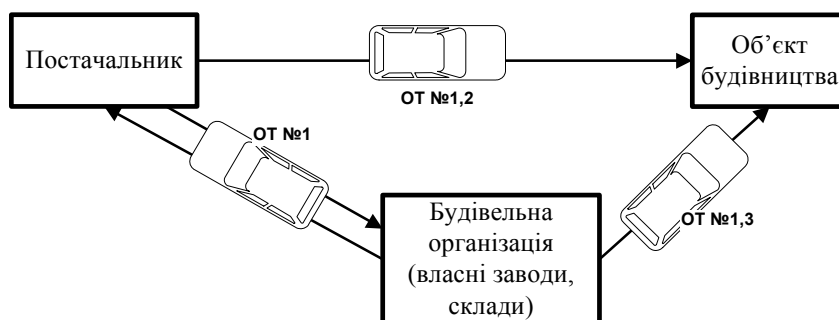


Рис. 1. Варіанти постачання матеріалів та виробів

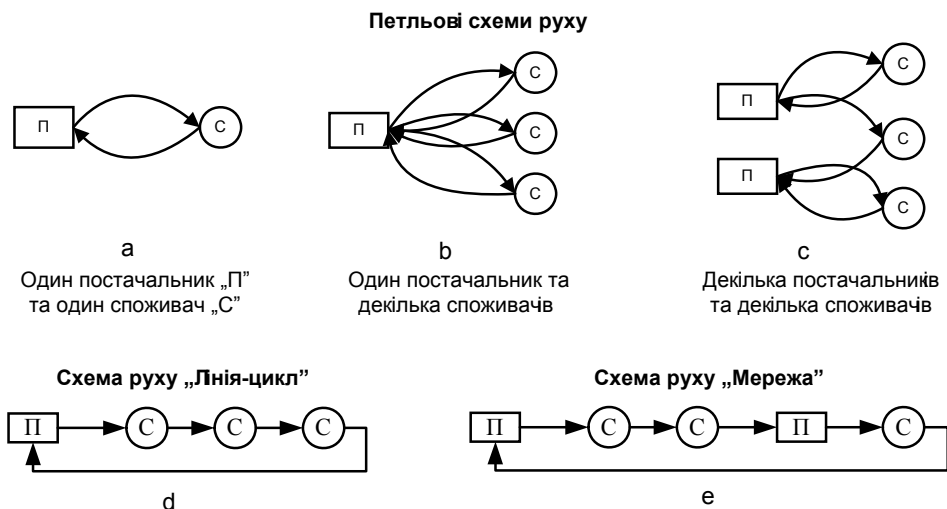


Рис. 2. Схеми руху ОТ

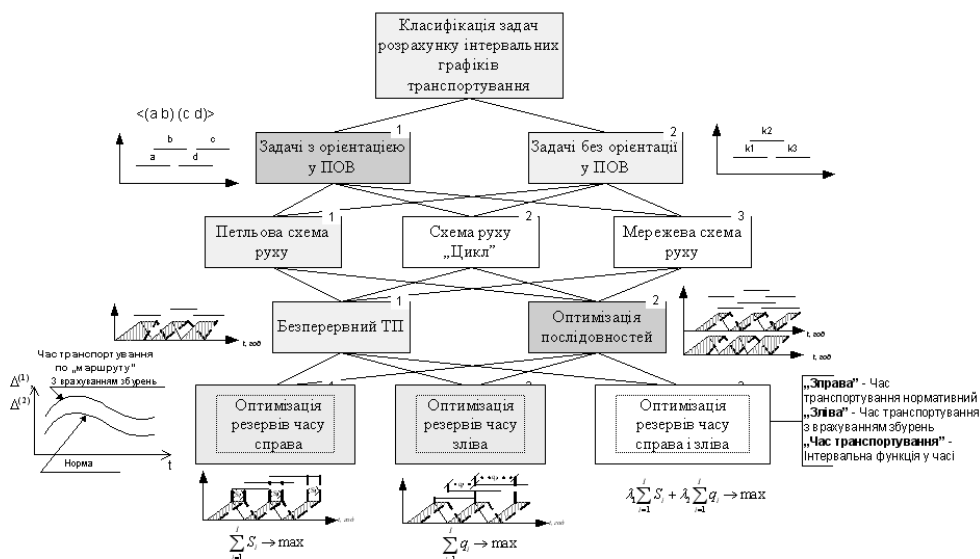


Рис.3 Класифікація задач варіантів ПТ
(Загальна кількість задач становить 36 (K = 2*3*2*3 = 36))

2. Математичні моделі побудови інтервальних графіків транспортування

Розглянемо у загальному вигляді деякі задачі, але перед цим ведемо основні визначення.

Рейс (r) – це процес перевезення ресурсів (завантаження “1” – транспортування “2” – розвантаження “3” – повернення “4”). Підпроцеси “1+2+3” та “4” спрощено циклом. Показано на рис.4.

Послідовність (l) – це неперервний набір рейсів між одним «П» та одним «С» у вигляді циклограми згідно технологічних та ергономічних вимог.

Графічна інтерпретація з математичним обґрунтуванням показана на рис. 5. Для всіх задач існує декілька цільових функцій, але одна є основною для всіх – це мінімізація залучених одиниць транспорту

$$Z_1 = M \rightarrow \min;$$

де M - пошукова кількість транспортних засобів.

А також загальні обмеження для всіх задач :

$$M \in [\underline{M}, \overline{M}] - \text{обмеження наявної кількості ТЗ};$$

$\delta_{mr} \geq \delta_{\text{опт}}$ – резерв часу має бути не менше нормативного (заданого).

Задача 2.1.1.1. «Безперервний транспортний процес (ТП). Оптимізація резервів часу справа» [10]

$$Z_2 = \sum_{m=1}^M \sum_{r=1}^{R_m} \delta_{mr} \rightarrow \max; - \text{максимізація резервів часу};$$

$$Z_1 \succ Z_2;$$

де δ_{mr} – резерв часу для m - го транспортного засобу у r - му рейсі.

$$\delta_{mr} = \min_{n=r, R_m} \left\{ \max_{i=1, I} \left\{ \left(\tau_i^B - \tau_{mn}^{\text{пр}} \right) x_{mn}^i \right\} \right\},$$

де τ_i^B – кінцевий термін виконання i - го замовлення;

$\tau_{mn}^{\text{пр}}$ – час прибуття m - го транспортного засобу у n - му рейсі;

$$\sum_{i=1}^I x_{mr}^i = 1; m = \overline{1, M}; r = \overline{1, R_m}; x_{mr}^i \in \{0, 1\}.$$

Задача 2.1.2.1. Оптимізація послідовностей та резервів часу зправа [12].

$$Z_2 = \sum_{m=1}^M L_m \rightarrow \min; -$$

мінімізація кількості послідовностей для m – го ТЗ,

де L_m – кількість безперервних послідовностей для машини m

$$Z_3 = \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^{L_m} \sum_{r=1}^{R_l} \delta_{lr}^m \rightarrow \max,$$

де δ_{lr}^m – резерв часу з врахуванням послідовностей

«1»;

$$Z_1 \succ Z_2 \succ Z_3;$$

$$\delta_{lr}^m = \min_{j=r, R} \left\{ \max_{i=1, I} \left\{ \left(\tau_i^B - \tau_{mlj}^{\text{пр}} \right) y_{mlj}^i x_{mlj}^i \right\} \right\};$$

$$y_{mlr}^i \in \begin{cases} 1, & \text{якщо } \tau_{mlr}^i \in [\tau_i^A, \tau_i^B], \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^I x_{mlr}^i = 1; m = \overline{1, M}; l = \overline{1, L_m}; r = \overline{1, R_l};$$

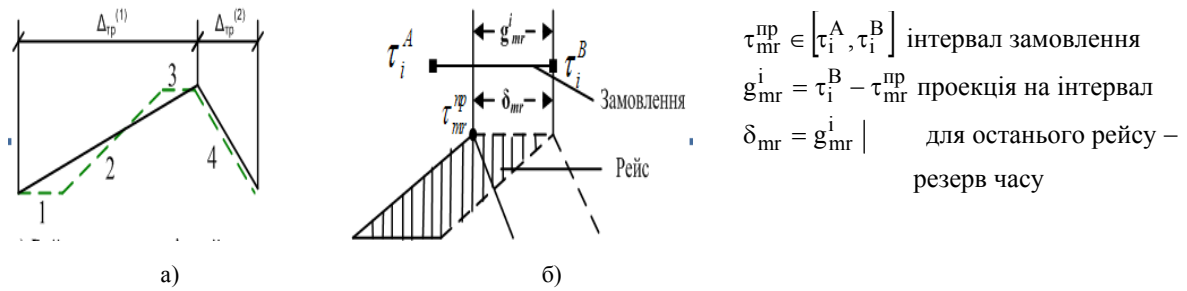


Рис.4. Загальне зображення рейсу у вигляді частини циклограми: а) рейс як технологічний процес; б) модель.

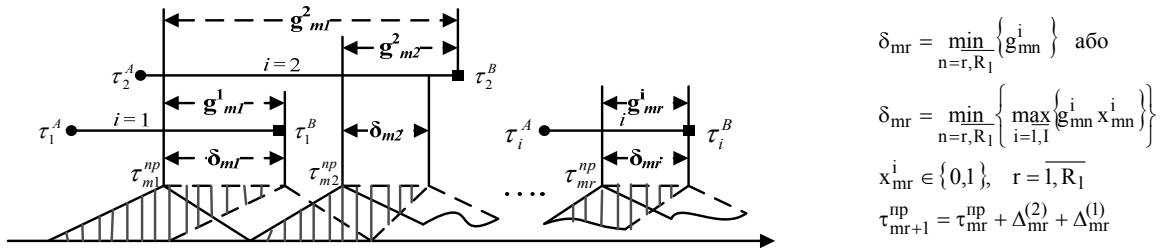


Рис.5. Загальне зображення послідовності з відображенням резервів часу

$$x_{mlr}^i \in \begin{cases} 1, & \text{якщо рейс "r" для замовлення "i"} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

до оперативно-календарного планування.

3. Використання системи

транспортування у комплексі з ІТ УП

Результатом розрахунку є графік руху для кожної одиниці транспорту. Приклад частини графіку показано на рис. 6.

Основною перевагою даного підходу є те, що графіки транспортування отримано у інтервалі, а не «детерміновано». Завдяки цьому забезпечується стійкість до зовнішніх збурень, тобто водій може самостійно вирішувати проблеми на дорозі (затори, незначні поломки та ін.) без зривання графіку транспортування. Також за такого підходу стає можливим планування на термін від одного рейсу до одного місяця, перехід від ситуативного планування

Як зазначалося, при плануванні процесів транспортування для підприємств важливим місцем є зв'язок з іншими комплексами планування, а також управління процесами забезпечення та виробництва. На прикладі будівництва з власними заводами та складами продукції для більш якісного управління бажано забезпечити комплексну роботу таких ІТ, як комплектація, склад, транспортування та управління проектами. Загальна схема комплексної роботи даних ІТ показана на рис.7.

ГРАФИК ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ						
Ном	Поставщик	Потребитель	Интервал прибытия	Интервал заявки		
рей	Комплект	Время возвра	Интервал отправления	Время погрузки	Время разгрузки и	(Исходная заявка)
са	щения + время	(после погрузки)	+ движения	резерв времени		
	простоя					
< А І _ 3 2 1 6 _ А А > З И Л С А М О С В А Л (резерв часу = 10726 хв.,)						
1	3	УПТК	5.5.09/09:50-5.5.09/10:49	Троєш10	5.5.09/12:00-5.5.09/12:59	5.5.09/12:00-5.5.09/12:59
			((0 + 49 мин)	((20+80=100 мин.)	((разгр. 30 и рез. 59 мин)	((5.05.09/12)
Комплектация						
Комплект проволоки:						
φ5 Вр-1 150 м.п.						
φ4 Вр-1 500 м.п.						
2	1	УПТК	5.5.09/13:56-12.5.09/15:39	Троєш10	5.5.09/16:16-12.5.09/17:59	5.5.09/09:01-12.5.09/17:59
			((70 + 0 мин)	((30+80=110 мин.)	((разгр. 30 мин и рез. 42,65 ч)	((-12)
Комплектация						
Комплект метала согл. зак. № 59 СМУ-1:						
Швелер №10 L = 2250 мм 20 шт						
Швелер №10 L = 1980 мм 15 шт						
Швелер №10 L = 1690 мм 15 шт						
Уголок 63x5 L = 70 мм 80 шт						
Сталь риф. 4x1500x1740 5 шт						

Рис.6. Частина графіку руху для кожної одиниці транспорту

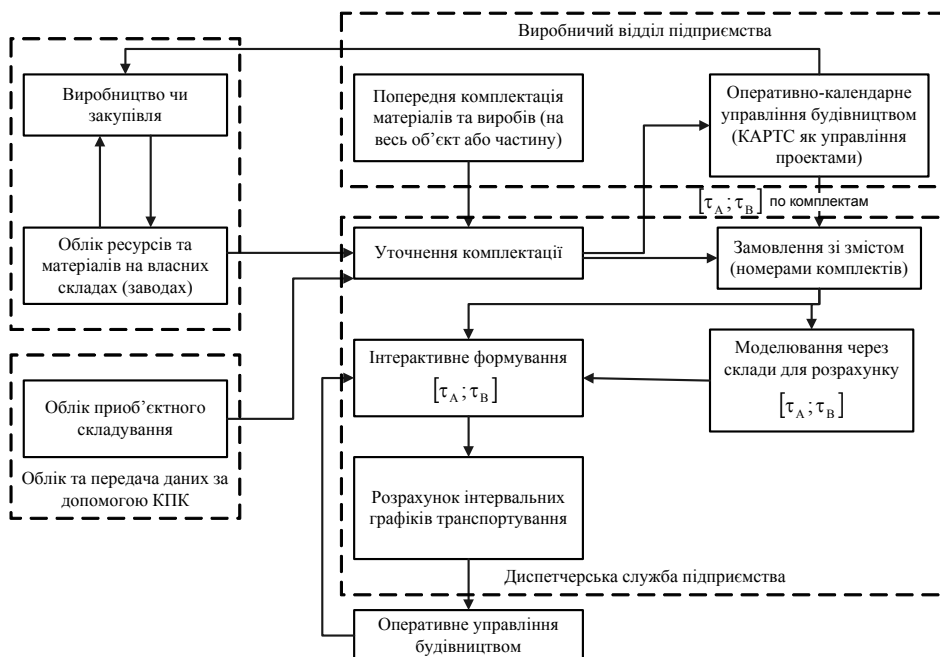


Рис. 7. Комплексний підхід планування транспортування

Розглянемо схему детальніше. Першим кроком є попередня комплектація. На даному етапі на основі креслень формуються транспортні комплекти (назви, зміст та визначаються транспортні одиниці під них). Дана комплектація відбувається у діалоговому режимі з використанням загальної бази даних матеріалів та виробів. Дана комплектація може виконуватися як до початку формування плану будівництва, так і паралельно.

Після цього до ІТ УП, в даному випадку «Karts Planner», передаються назви комплектів, які закріплюються за роботами. В «Karts Planner» це відбувається через додаткову конструкцію мови «КАРТС» – перемикач комплектів (рис. 8): Наступним кроком є перерахунок графіка Ганта

будівельно-монтажних робіт об'єкта в графік комплектації (на основі закріплених за кожною роботою декількох комплектів, причому один і той же комплект часто використовується в декількох роботах) та розрахунок значень $[\tau_B; \tau_C]$. Після отримання значень $[\tau_B; \tau_C]$ (номери комплектів з часом їх використання на об'єкті) відбувається уточнення комплектації (у разі необхідності, корегування змісту комплектів). Інформацією для цього слугують дані, які надходять з приоб'єктних складів (відслідковування наявних матеріалів та виробів за допомогою технології використання КПК) та власних складів (наявність матеріалів, які готові до транспортування).

1.	Щебінь	45 кг	56.	БО-12-1-1	3 шт	92.	Клей КН-2	100 кг
	Гравій фр. 5-10 мм	150 кг		БО-12-1-3	3 шт		Клей латексн.	120 кг
2.	Щебінь	30 кг	57.	БО-12-1-1	6 шт		Клей ВУСТИЛАТ	70 кг
	Пісок	245 кг	58.	С-10-30	2 шт		Краска масл.	230 кг
3.	Гравій фр. 5-10 мм	400 кг		С-11-30	2 шт		Мастика	78 кг
4.	Пісок	500 кг		С-12-30	2 шт	93.	Гвіздки 70 мм	200 кг
5.	Пісок	450 кг	59.	С-10-30	6 шт		Гвіздки 45 мм	150 кг
...

Object :	
#16 *1 2 3 4 5*	<1^8 1^8> "Котлован"
#8	<2^4 3^8 2^4> "Палі"
	<4^4 5^8 4^4> "Фундамент"
#24 *56 57*	@1
58 59	@2^8 @10 @11 @12 @13 "Монтаж"
	+108 <24^4 25^8 24^4> "Покрівля"
#16 *92 93*	<@101 @102 @103 @104> "Зовнішнє опорядження"
	<26^45 27^98 26^45> "Внутрішнє опорядження"
	34 "Задача об'єкту".

Рис. 8. Призначення засобами «Karts Planner» рейсокомплектів роботам

На наступному етапі відбувається моделювання приоб'єктних складів та розрахунок часу замовлення на транспортування $[\tau_A; \tau_B]$ і передається для інтерактивного корегування (за необхідності).

У результаті, на базі розрахованих та підкорегованих значень $[\tau_A; \tau_B]$, відбувається розрахунок інтервальних графіків транспортування. Ця технологія формування замовлень та розрахунку ІГТ показана на рис. 9. У випадку, коли відсутня система ІТ управління проектами процес транспортування відбувається за спрощеною схемою: попередня комплектація – уточнення комплектації на основі замовлень, які надходять з будівельних майданчиків (паперові замовлення) – розрахунок $[\tau_A; \tau_B]$ у діалоговому режимі – розрахунок графіків транспортування.

Висновки

У статті було розглянуто такі питання:

- сутність транспортування в процесі виробництва (на прикладі будівельної галузі);
- організація постачання матеріалів та виробів за можливими схемами руху одиниць транспорту та проведено класифікацію даних схем;
- можливі варіанти підготовки та формування замовлень на постачання для побудови інтервальних графіків транспортування руху одиниць транспорту з висвітленням математичних моделей деяких задач, які запропоновані у розробленій класифікації. Також запропоновано варіанти комплексного використання даного підходу з ІТ управління проектами для досягнення більш ефективної роботи всього підприємства.

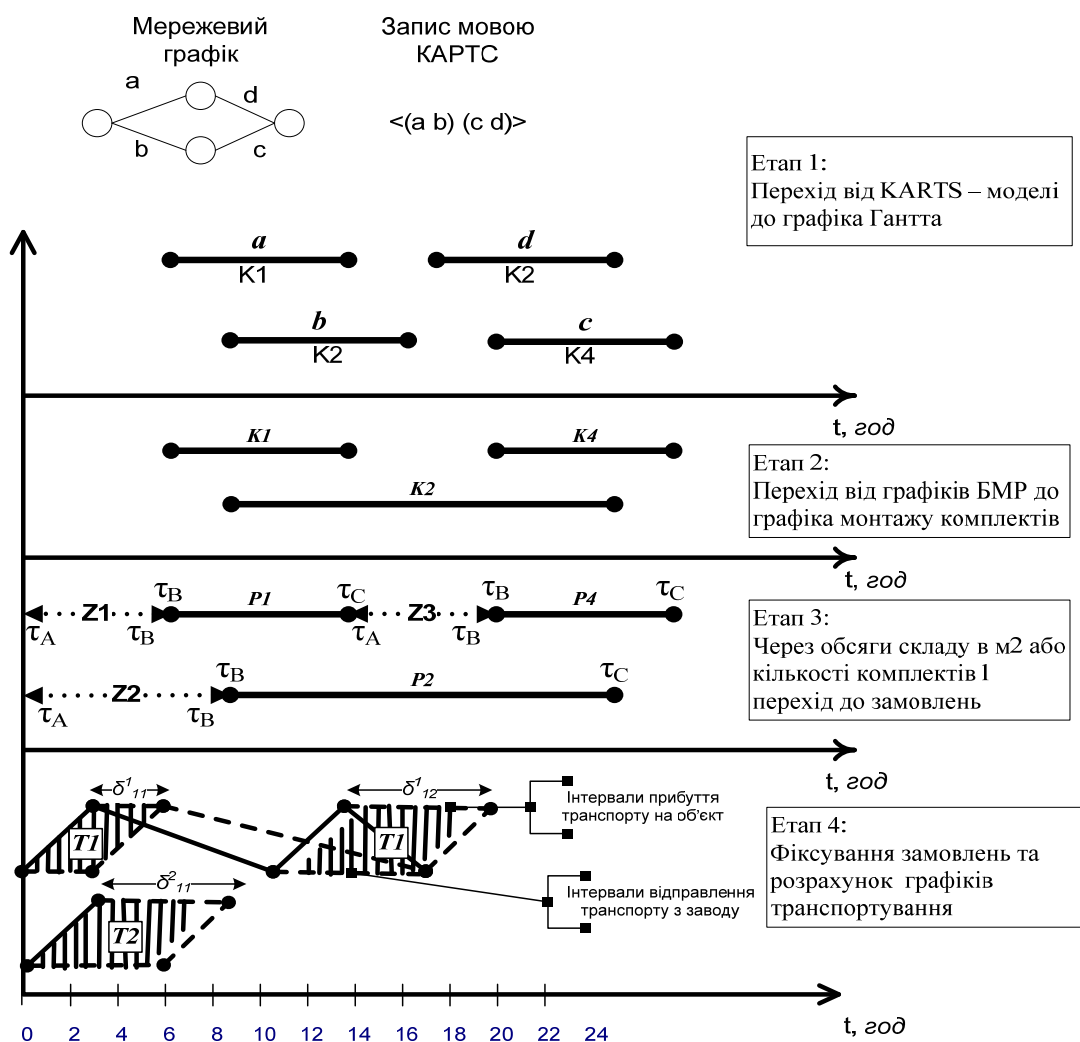


Рис. 9. Схема комплексного планування

Список літератури

1. Логистика: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 327 с.
2. <http://www.m2m-l.ru/solution/?branches=citybus>
3. <http://www.ibspyramid.com/about.php?a=11>
4. <http://www.aha.ru/~ermasoft/product4.htm>
5. <http://www.antor.ru/products/planirovanie-marshrutov/>
6. <http://www.epicor.com/russia/Solutions/Pages/SupplyChain.aspx>
7. <http://www.global-system.ru/index.php?id=67>
8. Мороз О.В. Планування автомобільних перевезень вантажів малими партіями: /О.В.Мороз автореф. дис. на здобуття наук. ступ. к.е.н.-:К.:2003. – 20 с.
9. Управление процессами заводских перевозок безрельсовым колесным транспортом на основе логистики / Бабушкин Г. Ф. Запорожский нац. Тех.ун-т. — Запорожье : ЗНТУ, 2002. — 318 с. ISBN 966-7809-26-9.
9. Бабіч В.І., Білик Ю.А. Математичні аспекти моделювання графіків транспортування вантажопотоків у будівельній галузі Бабіч В.І., Білик Ю.А.// Математичні системи та машини. К: 2009. – №3
10. Перевертун І.М. Інформаційні технології комплексного організаційно-технологічного моделювання проектно-орієнтованих виробництв (на прикладі серійного будівництва): Дис. канд.техн.наук./ –К.: НТУ-КПІ, 2007 р – 160с.
11. В.І. Бабіч, Ю.А. Білик, Комплексне управління автотранспортно-орієнтованими системами з використанням інтервальних графіків".// Наукові праці ВНТУ. Електронне фохове видання .- Вінниця: 2009. №3

Стаття надійшла до редколегії: 11.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.М. Тесля, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.