УДК 004.415:69

В.І.Бабич, І.М.Перевертун

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ІНТЕРАКТИВНОГО ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Стаття присвячена проблемам організаційно-технологічного моделювання будівельного виробництва з використанням інформаційних технологій та інтерактивного режиму. Розглянуті існуючі підходи до цієї проблеми (мережеві графіки та графіки Гантта, циклограми, мережі Петрі тощо) та побудовані на їх основі програмні продукти. Вказано на переваги та недоліки цих підходів для промислового використання.

Запропоновано власний підхід, що базується на поєднанні етапів технологічної підготовки будівельного виробництва (ТПВ), комплексного балансування (КБ) та оперативно-календарного планування (ОКП) в одну схему, використанні лінгвістичних засобів для опису складних технологій будівництва та зручному балансуванні потреб у ресурсах за наявними потужностями.

Вступ

Більшість сучасних програмних комплексів для інтерактивного організаційно-технологічного моделювання (будівельного) виробництва («Open Plan 3.1», «Microsoft Project 2003», «Primavera Project Planner 3.1», «Spider Project 8.08» та інші) не відповідають вимогам інтерактивної гнучкості програмних систем у сфері планування, бо не взмозі легко переходити між рівнями перспективного й поточного планування, описувати складні технології будівництва (технології з фрагментами та циклами тощо), враховувати їх багатоваріантність та динаміку будівельного виробництва.

Це пояснюється тим, що на практиці задача оперативного та календарного планування погано піддається формалізації [1], а більшість розробок у цій сфері є по суті добре вдосконаленими графічними редакторами зі зручним багатоманітним інструментарієм і наступими ознаками:

1. Відсутність елементів штучного інтелекту (в т. ч. лінгвістичних засобів імітаційного моделювання), що призводить до невикористання цілого пласту можливостей, які надають інформаційні технології.
2. Використання лише економіко-математичних моделей (ЕММ), таких, як мережеві та лінійні графіки, циклограми, матричні моделі, мережі Петрі тощо.
3. Відсутність фрагментного та циклічного моделювання технологій, наприклад, серійного будівництва, що унеможливлює їх компактне відображення.

Отже, метою статті є аналіз підходів та інструментальних засобів для розв'язання цих проблем, а також власні пропозиції з цього приводу.

1. Економіко-математичні моделі технологічного планування

До економіко-математичних моделей технологічного планування будівельного виробництва насамперед відносяться лінійний графік, циклограмма, мережевий графік та матричні моделі.

Лінійна форма календарного плану (лінійний календарний графік) була запропонована наприкінці 19 століття Г.Л.Ганттом. Вісь ординат цього графіка – це перелік в технологічній послідовності процесів (етапів, ТКР, УВР, ВТМ чи операцій) з їх характеристиками (обсягом, вартістю, трудо-, ресурсо- й машиноємностями, складом виконавців та ін.). Вісь абсцис – прийняті порядкові або календарні одиниці часу періоду виконання виду робіт. Під сіткою графіка виписується потреба в матеріальних ресурсах і виконавцях. На сітку календарного графіка наносяться горизонтальні лінії, що відображають період виконання кожного виду робіт [2].

© В.І. Бабич, І.М. Перевертун, 2005

Календарний план у формі циклограми запропоновано в середині 30 років 20 століття М.С.Будніковим у період розгортання масового будівництва в СРСР. Вісь ординат циклограми – це одиничні фронти робіт у порядку їх освоєння. Вісь абсцис і потреба в ресурсах ідентичні з лінійним календарним графіком. Період виконання виду робіт – ламана лінія, кожна точка якої визначає одиничний фронт, на якому в даний час виконується робота [2].

Календарний графік у формі графа (мережевий графік) був уперше запропонований в 1925 році А.А.Ерасмусом, але найбільшого поширення набув після 1957 року, коли Дж.Е.Келлі та М.Р.Уолкер розробили методику його розрахунку на ЕОМ, спираючись на теорію графів [2]. До найбільш поширених видів цього підходу належать: мережевий графік у вигляді «робота – дуга», де вершини у вигляді кружечків – це події, а дуги – роботи та мережевий графік у вигляді «робота – вершина графа», де вершини у вигляді прямокутників – це роботи, а дуги – зв'язки між ними.

Близькими до мережевих є також матричні моделі технології будівництва (рис. 1) [3]. Вони включають ресурсні, фронтальні та організаційні зв'язки технології. Ресурсні зв'язки – це переміщення ресурсів (трудових, матеріально-технічних, грошових) по окремих фронтах робіт. Фронтальні зв'язки – це послідовність виконання робіт на окремому фронті, тотожні технологічним зв'язкам. Організаційні зв'язки – це різні технологічні обмеження. Системи відліку матричних моделей: ОФР (ордината – фронти робіт) та ОВР (ордината – види робіт). Елементами (вершинами) ж матрично-мережевої моделі можуть бути роботи або події.

Записати подібний фрагмент моделі (рис. 1, б) за допомогою запропонованої авторами статті технічної мови «КАРТС» («Комплекс автоматизованого розрахунку технологічних схем») [4] можна наступним чином:

```
<§1(4 ¤20 2 ¤60 6) §2(3 →20 ¤50
5 →60 ¤80 8 ¤51 5)
 §3(7 →50 ¤40 4 →51 3) §4(7
→80 3 →40 7)>.
```

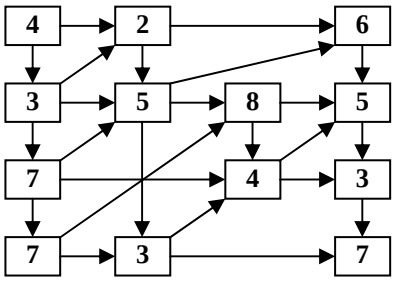
Викладені підходи до технологічного планування є відомими, тому, не розглядаючи їх детальніше, наведемо лише переваги та недоліки (табл. 1).

Для включення технологічних варіантів було запропоновано багато надбудов і комбінацій зазначених підходів, у т.ч. подвійний мережевий графік, альтернативна мережева модель [3], мережі Петрі тощо, але трудоємкість побудови та час перебудови таких моделей значно зростали [5] (табл. 2).

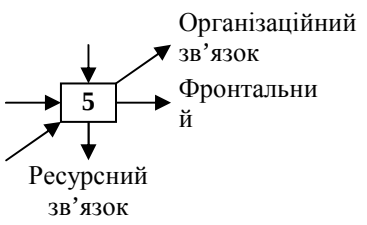
Мережі Петрі (рис. 2) – чудовий апарат імітаційного моделювання, розроблений Карлом Петрі в 60-х роках [6]. Мережа Петрі – це орієнтований граф, кожна вершина якого відноситься до одного з двох класів: позиція (окружність) або перехід (відрізок прямої). Дві вершини цього графа, з'єднані дугою (або дугами), обов'язково належать до різних класів.
Кожна позиція (окружність) має деяке число «фішок» (крапок). Вхідні позиції конкретного переходу – це позиції, з яких виходять дуги, що входять у даний пе-

Фронт робіт	Потік робіт			
	A	B	C	D
I	4	2	-	6
II	3	5	8	5
III	7	-	4	3
IV	7	3	-	7

а



б



в

Рис. 1. Матрична модель технології будівництва:
а – у вигляді таблиці; б – у вигляді матрично-мережевої моделі типу ОФР по роботах; в – види зв'язків

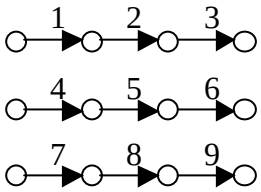
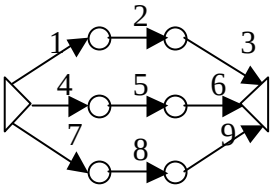
Таблиця 1. **Переваги та недоліки ЕММ технологічного планування**

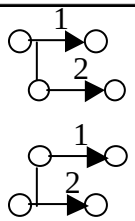
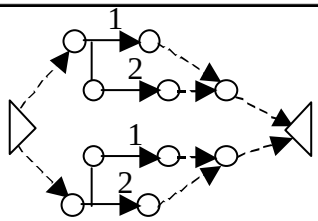
№	Параметр	Графік Гантта	Цикло-грама	Мережевий графік	Матрична модель	Мова «КАРТС»
1	Характеристики робіт (обсяг, вартість, тривалість тощо)	+	-	-	-	+
2	Зв'язки між роботами	-	-	+	+	+
3	Потреба в ресурсах на одиницю часу	+	+	-	-	+
4	Одиничні фронти робіт	-	+	-	+	+
5	Одиничні потоки робіт	-	+	-	+	+
6	Альтернативи в моделі	Не можливі				Можливі
7	Трудоємкість побудови складної моделі	Значна				Незначна
8	Швидка перебудова моделі	Так	Ні	Ні	Так	Так

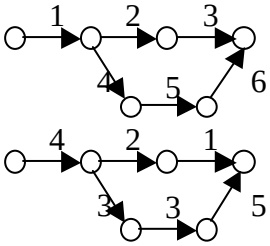
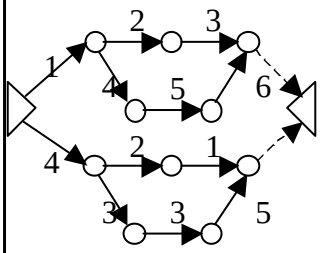
«+» – відображає, «-» – не відображає.

Таблиця 2. **Деякі види технологічних варіантів у вигляді альтернативної мережевої моделі та мови «КАРТС» [3, 4]**

№	Вид технологічного варіанту	Декілька детермінованих мережевих моделей	Альтернативна мережева модель	Мова «КАРТС»

1	Зміна окремих робіт			`! 1 2 3`
				`! 4 5 6`
				`7 8 9 .`

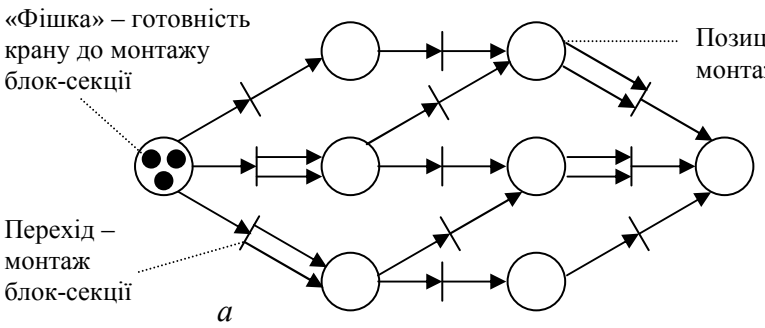
2	Зміна часового суміщення робіт			`! 30%1 ¤1 70%1 /`
				`! ¤1 2`
				`40%2 ¤2 60%2 /`
				`¤2 1 .`

3	Зміна зв'язків між роботами та організація циклів			`! 1 <(2 3)(4 5 6)>` `4 <(2 1)(3^2 5)> .`

рехід. Відповідно вихідними позиціями назвемо позиції, в які входять дуги, що виходять з даного переходу. Спрацювання мережі Петрі полягає у вилученні «фішок» з кожної вхідної позиції і переміщенні їх у кожну вихідну позицію. Причому кількість «фішок», вилучених з конкретної позиції або переміщених в конкретну позицію, рівне кількості дуг, що з'єднують працюючий перехід з даною конкретною позицією.

2. Економіко-математичні методи техніко-економічного планування

До економіко-математичних методів техніко-економічного планування будівельного виробництва насамперед відносяться методи «калібрування» та «згладжування». Ці методи мають безліч надбудов, але розглянемо їх суть.



а

Мова «КАРТС»

```
Fragment 1:
<(1 2 ¤3 3)(4 →3 5 ¤6 6)
 (7 →6 8 9)>;
```

б

Рис. 2. Технологія монтажу поверху 9-секційного житлового будинку трьома кранами: а – у вигляді мережі Петрі; б – у вигляді мови «КАРТС»

Алгоритм типу «калібрування» використовується з метою виконання заданого комплексу робіт у найкоротший термін, включає наступні операції. На кожному запланованому елементарному відрізку часу роботи впорядковуються за їх пріоритетами, утворюючи чергу. Роботам почергово надаються ресурси. Якщо для останніх у черзі робіт не вистачає ресурсів, то їх початок переноситься на наступний відрізок часу. Такі ж операції використовуються на всіх елементарних відрізках часу. В результаті розраховуються ранні строки виконання всіх робіт плану. Як правило, алгоритм типу «калібрування» використовується для технологічно незалежних робіт.

Алгоритм типу «згладжування» підвищує рівномірність використання ресурсів при збереженні заданих строків завершення робіт. На основі розрахунку базисного плану (наприклад, методом «калібрування») у межах резервів часу виконується зсув робіт, вибраних за встановленими правилами пріоритету з метою досягнення оптимального використання ресурсів. Основним недоліком зазначених методів є оптимізація лише диференційованого дефіциту по одному ресурсу.

Зазначені підходи є також загальновідомими, тому, не розглядаючи їх детальніше, наведемо деякі переваги та недоліки (табл. 3).

3. Сучасні програмні продукти для календарного планування

Розглянемо найбільш поширені в наш час програмні комплекси для календарного планування «Open Plan 3.1», «Microsoft Project 2003», «Primavera Project Planner 3.1» та «Spider Project 8.08» (табл. 4).

Програмний продукт «Open Plan 3.1» включає засоби розробки моделі проекту та аналізу комплексу робіт за методом критичного шляху, гнучкі засоби ресурсного планування, засоби розрахунку, контролю і аналізу витрат по проекту на основі фактичної виробітки, аналіз ризиків за методом Монте-Карло. Архітектура си-

Таблиця 3. **Переваги та недоліки ЕММ техніко-економічного планування**

№	Параметр	«Калібрування» та «згладжування»	Комплексне балансування «КАРТС / КАРКАС»
1	Розподіл ресурсів між об'єктами та захист ресурсів	+	++
2	Балансування по всіх ресурсах	-	+
3	Врахування всіх видів дефіциту, в т.ч. складування	-	+
4	Розрахунок тривалості для кожної роботи	-	+
5	Врахування технологічних зв'язків між роботами	+	++
6	Необхідність зсуву кожної роботи	+	-
7	Прив'язка до ринку	-	++

«+» – включає, «-» – не включає, «++» – включає з високою гнучкістю.

стеми дає змогу в порівняно невеликі строки здійснювати розробку єдиної системи управління в корпорації. Система має декілька рівнів відповідальності: рівень керівників (стратегічний аналіз ходу виконання всіх проектів корпорації, можливість визначення рівнів пріоритетності об'єктів), рівень керівників підрозділів (ефективне використання ресурсів на об'єктах і аналіз завантаженості виконавців) та рівень менеджерів проекту (швидке планування об'єктів з урахуванням багатьох факторів, оперативний аналіз ходу виконання проекту).

Програмний продукт «Microsoft Project 2003» забезпечує інформаційну підтримку менеджера на всіх стадіях життєвого циклу (будівельного) проекта: ініціалізація (визначення цілей та обмежень, можливість планування трудових ресурсів, матеріалів і механізмів, використання шаблонів планів), планування (структурна декомпозиція складу, тривалості та обмежень за строками робіт, призначення потреб робіт у ресурсах, планування робіт з урахуванням календарів виконання робіт, ручне й автоматичне вирівнювання рівня завантаження ресурсів тощо), реалізація і контроль виконання (створення базового плану, облік фактичних строків виконання робіт і витрат ресурсів, використання наглядних індикаторів, експорт даних) та завершення (формування підсумкових звітів тощо).

Програмний продукт «Primavera Project Planner 3.1» призначений для календарно-мережевого планування та управління з урахуванням потреб у матеріальних, трудових і фінансових ресурсах. Моделювання за допомогою цього продукту дає змогу використовувати фрагменти, надає гнучкий та потужний механізм для відстежування робіт і точного розрахунку розкладу. Є можливість аналізу типу «що-якщо». Програмний продукт дає змогу планувати в умовах невизначеності з частим коригуванням даних. При виникненні проблеми можна легко перебрати десятки можливих шляхів для найшвидшого та найкращого її розв'язання і найбільш ефективного використання критичних ресурсів.

Програмний продукт «Spider Project 8.08» має деякі особливості, що вигідно відрізняють його від аналогічних розробок, а саме: оптимізація розкладів виконання проектів при обмежених ресурсах різного типу, можливість планування, обліку та аналізу фінансів проекту, використання одиничних розцінок, широкі можливості моделювання роботи ресурсів, включаючи неповне та змінне завантаження, групова та незалежна робота, змінна робота, можливість створення необмеженої кількості ієрархічних структур робіт та ресурсів тощо.

На переконання авторів, базуючись на мережевих графіках, графіках Гантта та їх комбінаціях (рис. 3), програмні продукти «Open Plan 3.1», «Microsoft Project 2003», «Primavera Project Planner 3.1» та «Spider Project 8.08» не підходять для специфіки будівельного виробництва, бо не взмозі легко (!) описувати та перебудовувати технологію на десятки тисяч операцій, застосовувати цикли та фрагментне моделювання (приклад – монтаж типового поверху), зручно переходити між рівнями директивного планування строків декількох сотень об'єктів (обсяг великих будівельних корпорацій) та планування на рівні технологічних операцій. Разом з тим ціна впровадження цих розробок коливається від декількох сотень до декількох тисяч доларів. Цей недолік ускладнює детальне вивчення, тож використана інформація взята з виставок, Internet-сайтів, а також з наукових робіт [7].

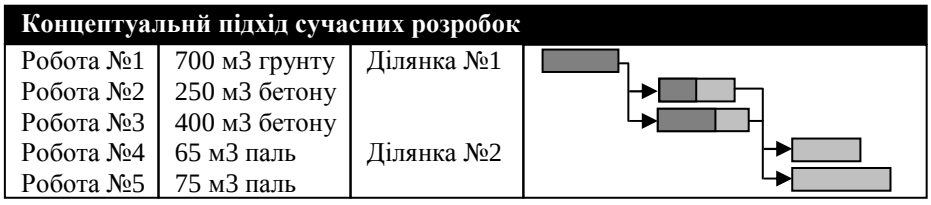


Рис. 3. Комбінація мережевого графіка та графіка Гантта

Таблиця 4. **Деякі показники сучасних розробок для календарного планування [4, 7]**

№	Параметр	«Open Plan Professional 3.1»	«Microsoft Project Professional 2003»	«Primavera Project Planner 3.1»	«Spider Project Professional 8.08»	«КАРТС / КАРКАС 1.0»
1	Фірма-розробник	Welcom Software Technologies	Microsoft Corporation	Primavera System	«Технологии управления Спайдер»	МП «Диспут»
2	Країна	США	США	США	Росія	Україна
3	Рік першої розробки	1990 рік	1995 рік	1989 рік	1993 рік	1989 рік
4	Досвід роботи	Високий	Середній	Високий	Середній	Початковий
5	Ціна (1 ліцензія)	6000 $	600-1000 $	2500-4000 $	1500-3000 $	250 $
6	**Технологія будівництва об'єкта**					
	Інструмент для побудови	Маніпулятор типу «миша» комп'ютера				Клавіатура комп'ютера
	Представлення	Графік Гантта, мережевий графік, таблиця				Мова опису, графік Гантта
	Опис фрагментів	-	-	+	+	++
	Використання циклів	-	-	-	-	++
	Розтягування, зсув та розбиття робіт	Візуальне	Візуальне	Візуальне	Візуальне	Не візуальне
	Призначення для робіт тривалості робочого дня та виконавця	+	+	+	+	++
7	**Роботи об'єкта**					
	Максимальна кількість	Необмеж.	Необмеж.	До 100 тис.	Необмеж.	До 50 тис.
	Ієрархічна структура	+	+	+	+	+
8	**Ресурси об'єкта**					
	Максимальна кількість	Необмеж.	Необмеж.	Необмеж.	Необмеж.	До 50 тис.
	Агрегування одночасно по багатьох ознаках	-	-	-	-	++
9	**Планування**					
	Від годин до місяців	+	+	+	+	+
	На рівні робіт	+	+	+	+	++
	Комплексне балансування ресурсів	-	-	-	-	++

«+» – включає, «-» – не включає, «++» – включає з високою гнучкістю.

4. Лінгвістичні методи імітаційного моделювання

Серед основних методологічних підходів до імітаційного моделювання будівельного виробництва слід виділити: мови імітаційного моделювання, агрегативні системи та моделі «індустріальної динаміки» [1].

Якщо звернутися до історії кібернетики, то існували такі найбільш поширені мови імітаційного моделювання (класифіковані за методом генерування модельного часу):

1) безперервний метод ДИНАМО;
2) дискретний метод СИМСКРИПТ, СЛЕНГ, СИМУЛА-1, СИМУЛА-67;
3) безперервно-дискретний метод НЕДИС.

Розглянемо лінгвістичний метод імітаційного моделювання будівельного виробництва, запропонований у 80-х роках ленінградським ученим Ю.А.Куліковим [1]. Цей метод повністю описує процес будівельного виробництва. Зупинимося на тих засобах цього методу, які призначені для опису технології домобудівного процесу (рос.):

```
СТРУКТУРА
  (участок)
ЭЛЕМЕНТЫ
  (работа: закладка фундамента)
  (работа: отделка)
  (работа: монтаж оборудования)
ОТНОШЕНИЯ
  технологический граф
```

Технологія будівництва мовою «КАРТС»

```
Object: §1 {участок №1 - комментарий}
1 2 3 «технологический граф».
{номера работ из таблицы}
```

Роботи

1	Закладка фундамента
2	Отделка
3	Монтаж оборудования

Виконавці

1	Участок №1
2	Участок №2

Рис. 4. Опис моделі мовою «КАРТС»

```
  (работа: закладка фундамента)
предшествует (работа: отделка)
  (работа: отделка) ----- (монтаж
оборудования).
```

Отже, ми бачимо, що опис навіть простої технології є доволі громіздким. Записати подібну модель за допомогою мови «КАРТС» із включенням коментарів типу «*{*»…«*}*» можна наступним чином (рис. 4):

Розглянемо лінгвістичний метод імітаційного моделювання розроблений також у 80-их роках київським вченим С.Д.Бушуєвим [8]. Для опису зв'язків використовуються відношення СЕТЬ, ГРАФ, ГЕНЕРАТОР, АЛЬТЕРНАТИВА та інші. Розглянемо приклад (рис. 5):

Відношення СЕТЬ описує в рамках локальної групи мережеву організаційно-технологічну модель в формі: події-вузли графа, роботи-дуги графа. При цьому кожній роботі моделі ставиться у відповідність події її початку і завершення. Розглянемо приклад з використанням багаторівневого імітатора «МІСС» (рос.):

```
1 ФРАГМЕНТ – МОДЕЛИ – ВОЗВЕДЕНИЯ –
ОБЪЕКТА СЕТЬ;
  2 МОНТАЖ – ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ – ИЗДЕЛИЙ
– ФУНДАМЕНТА Т=27 С=(1,5);
  2 УСТРОЙСТВО – ПОДЗЕМНОЙ – ЧАСТИ –
ДО – ОТМЕТКИ - 0 Т=37 С=(1,3);
  2 МОНТАЖ – КРАНОВЫХ – ПУТЕЙ Т=7
С=(5,6);
  2 КИРПИЧНАЯ – КЛАДКА – СТЕН –
ПЕРЕГОРОДОК Т=13 С=(3,4);
  2 СТЕНОВОЕ – ОГРАЖДЕНИЕ Т=46
С=(1,8);
  2 ФИКТИВНАЯ РАБОТА – 1 С=(6,3);
  2 ФИКТИВНАЯ РАБОТА – 2 С=(4,8);
```

Відношення ГРАФ описує організаційно-технологічні моделі на основі операцій «>»(після), «<»(перед), «||»(паралельно) та «¬»(не паралельно).

В розглянутому прикладі використані відношення «>-1» – слідує за попередньо описаною роботою та «>(-1,-2)» – слідує за двома попередніми роботами:

```
1 ФРАГМЕНТ – МОДЕЛИ – ВОЗВЕДЕНИЯ –
ОБЪЕКТА ГРАФ;
  2 МОНТАЖ – ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ – ИЗДЕЛИЙ
– ФУНДАМЕНТА Т=27;
  2 МОНТАЖ – КРАНОВЫХ – ПУТЕЙ Т=7 >-
1;
  2 УСТРОЙСТВО – ПОДЗЕМНОЙ – ЧАСТИ –
ДО – ОТМЕТКИ - 0 Т=37;
  2 КИРПИЧНАЯ – КЛАДКА – СТЕН –
ПЕРЕГОРОДОК Т=13 >(-1,-2);
  2 СТЕНОВОЕ – ОГРАЖДЕНИЕ Т=46;
```

Навіть з такого простого приклада видно, що використання відношення ГРАФ забезпечує більш компактну форму опису відношень, не всі з яких можуть бути відображені на канонічній мережевій моделі (відношення СЕТЬ). Ця властивість забезпечує вищу мобільність і адаптивність відношення ГРАФ при перебудові організаційно-технологічної моделі. Але, записавши подібну модель за допомогою запропонованої авторами статті мови «КАРТС», можна уникнути описання в

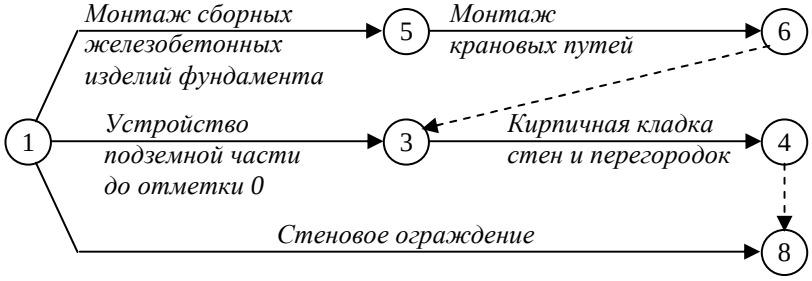


Рис. 5. Фрагмент мережевої моделі

Технологія будівництва мовою «КАРТС»

```
Fragment 1: <(3 ¤10 4) 5> /
            = 1 2 →10;
Object: @1.
{ = начало сети; / конец сети
<> паралл. () последовательно }
```

	Роботи	
1	Монтаж железобетонных изделий фундамента	27
2	Монтаж крановых путей	7
3	Устройство подземной части до отметки 0	37
4	Кирпичная кладка стен перегородок	13
5	Стеновое ограждение	46

Рис. 6. Фрагмент мережевої моделі мовою «КАРТС»

технології подій, повних назв робіт, їх рівнів і тривалостей (рис. 6).

5. Пропозиція авторів

Автори пропонують об'єднати 3 функціональні підсистеми АСУ будівельним виробництвом (технологічної підготовки виробництва, комплексного балансування та оперативного управління) після їх спрощення в загальну підсистему (рис. 7) у межах єдиного програмного комплексу (рис. 8). Це дасть змогу:

– координувати всі будівельні роботи корпорації мінімумом людей (1-2 фахівці), в тому числі через віддалений доступ з використанням Intranet-засобів;
– інтерактивно гнучко переходити між рівнями директивного та оперативно-календарного планування;
– спростити документообіг між трьома названими підсистемами, в тому числі за рахунок використання власного «економного» формату даних.

Для спрощення підсистем технологічної підготовки та оперативного управління автори пропонують використовувати технічну мову «КАРТС» [4, 9] як організаційно-технологічну модель домобудівного процесу. Це дасть змогу:

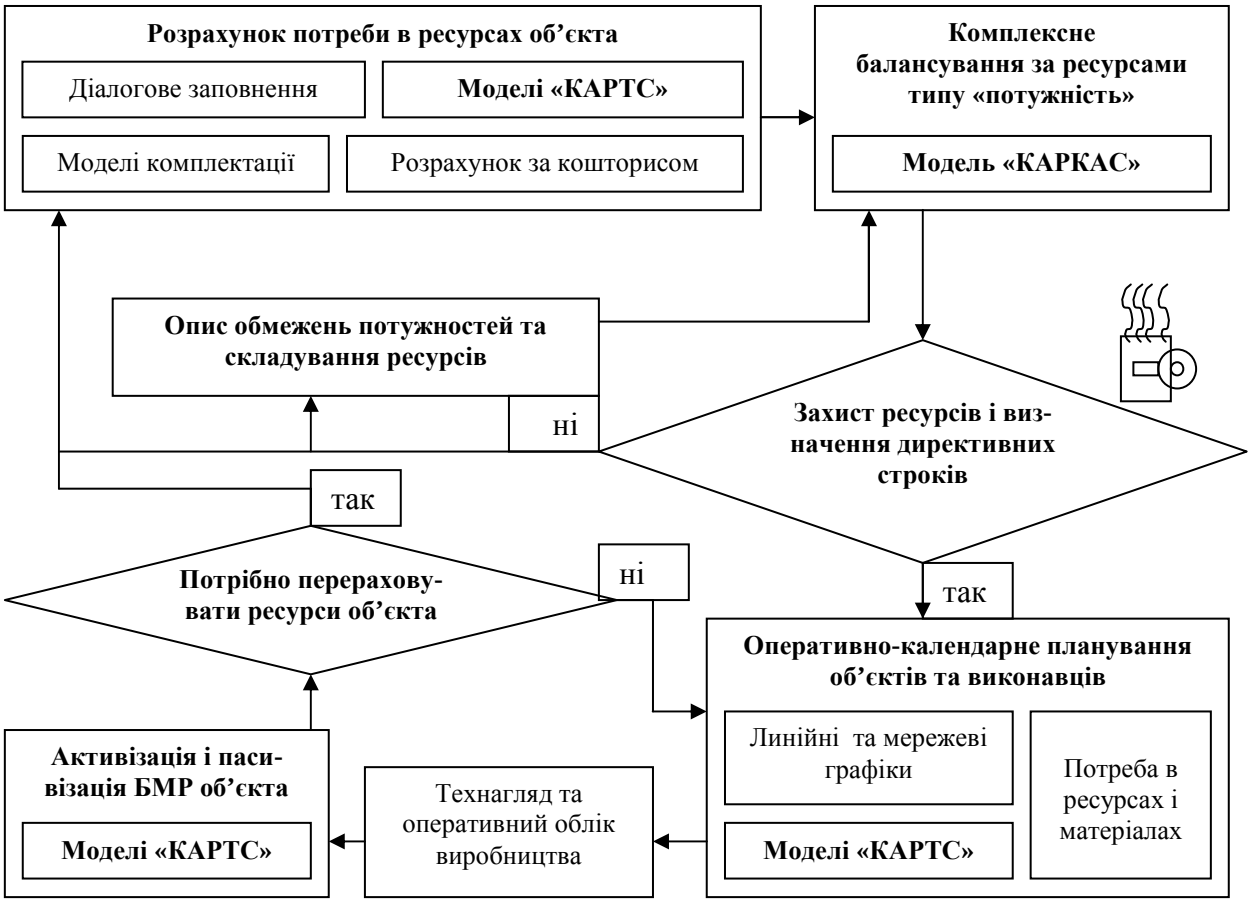


Рис. 7. Об'єднання 3-х функціональних підсистем АСУ

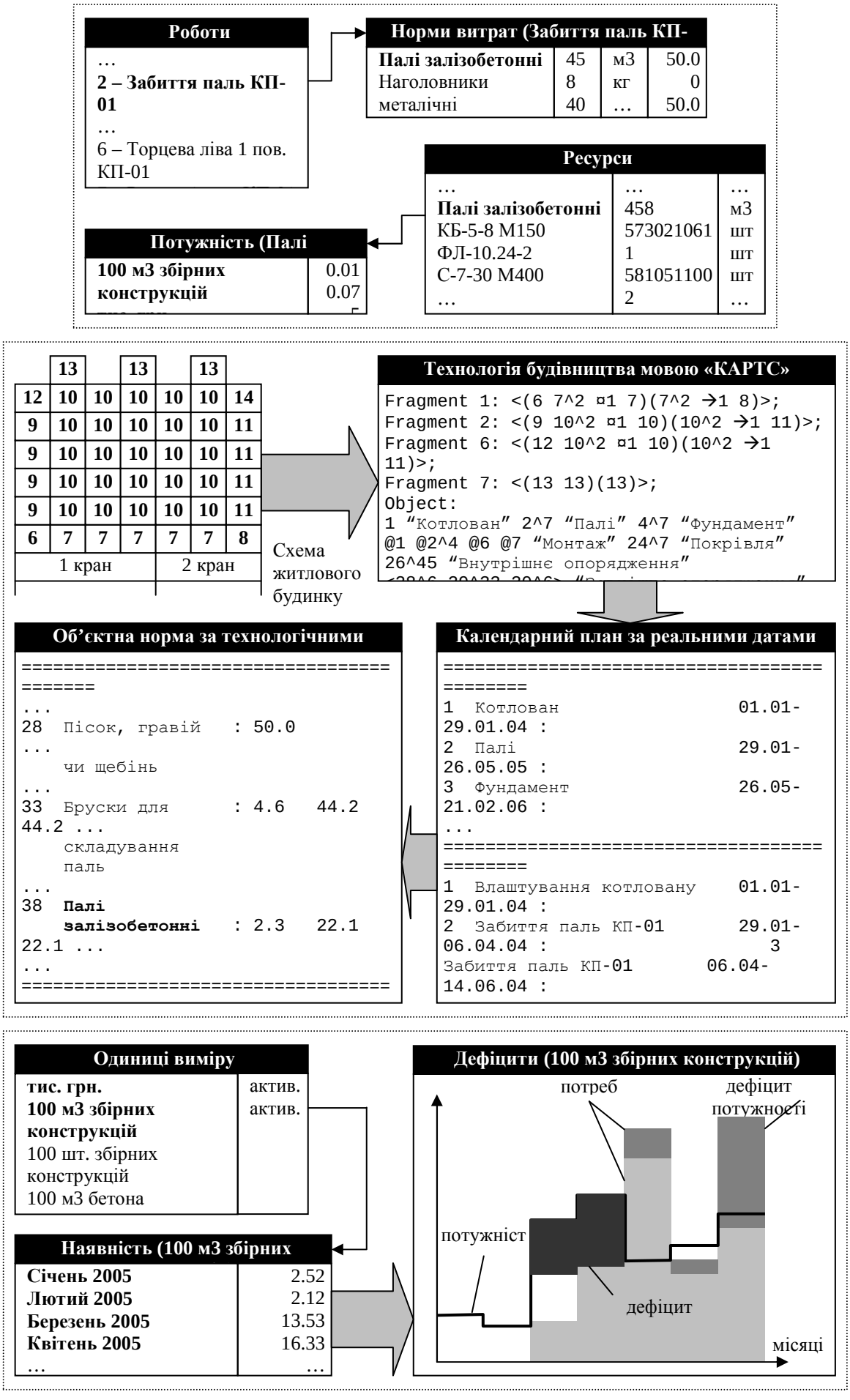


Рис. 8. Схема роботи програмного продукту

– описувати моделі лише за допомогою клавіатури;
– призначати фактичну тривалість робіт або розраховувати її через виробіток підключеного виконавця;
– компактно та швидко описувати моделі через використання кодів робіт;
– описувати фрагменти технології та викликати їх у циклі;
– оперативно обраховувати (до відсотка) стан виконання робіт через їх пасивізацію;
– за декілька секунд змінювати інтенсивність значних масивів робіт, тобто використовувати «ділову гру» при захисті ресурсів;
– комплексно балансувати сумісно з «КАРКАС» («Комплекс автоматизованого розрахунку календаря систем»).

Також є можливість підключати виконавців, технологічні перерви, вставляти мітки та використовувати фіктивні роботи, описувати зв'язки між роботами за допомогою блоків символів типу «(»…«)», «<»…«>», «^» тощо. Запропоновані лінгвістичні засоби можна представити у вигляді Бекусових нормальних форм (БНФ) наступним чином:

```
<програма>::=<опис об'єкта>|<блок фрагментів><опис об'єкта>
<блок фрагментів>::=<опис фрагмента>|<опис фрагмента><блок фрагментів>
<опис фрагмента>::="Fragment"<код фрагмента>":"<ряд операторів>";"
<опис об'єкта>::="Object"":"<ряд спецоператорів>"."
<ряд операторів>::=<оператор>|<оператор><ряд операторів>
<ряд спецоператорів>::=<спецоператор>|<спецоператор><ряд спецоператорів>
<оператор>::=<робота>|<технологічна перерва>|<виклик фрагмента>
<оператор>::=<мітка>|<фіктивна робота>
<оператор>::=<мітка початку>|<фіктивна робота на завершення>
<оператор>::=<віднош. послід.>|<віднош. парал.>
<віднош. послід.>::="("<ряд операторів>")"
<віднош. парал.>::="<"<ряд операторів>">"
<спецоператор>::=<оператор>|<додатковий оператор>
<додатковий оператор>::=<етап>|<перемикач змін>|<перемикач виконавців>
<спецоператор>::=<спецвідношення послід.>|<спецвідношення парал.>
<спецвідношення послід.>::="("<ряд спецоператорів>")"
<спецвідношення парал.>::="<"<ряд спецоператорів>">"
<робота>::=<код роботи>|<відсоток>"%"<код роботи>
<робота>::=<код роботи>"%"<число повторів>
<робота>::=<відсоток>"%"<код роботи>"%"<число повторів>
<технологічна перерва>::="+"<години перерви>
<виклик фрагмента>::="@"<код фрагмента>
<виклик фрагмента>::="@"<код фрагмента>"^"<число повторів>
<мітка>::="&"<код мітки>|"¤"<код мітки>
<фіктивна робота>::="→"<код мітки>
<мітка початку>::="="
<фіктивна робота на завершення>::="/"
<етап>::=""""<назва етапу>""""
<перемикач змін>::="#"<години на добу>
<перемикач виконавців>::="*"<код виконавця>|"§"<код виконавця>
```

Нетермінальні символи <код фрагмента>, <код роботи>, <відсоток>, <число повторів>, <код виконавця>, <код мітки>, <години перерви> та <години на добу> – це числа 2-байтового розряду, а <назва етапу> – довільний текст.

Для спрощення підсистеми комплексного балансування (техніко-економічного планування) будівельного виробництва пропонується метод «закладання» в ресурси їх показників, виражених в одиницях виміру. Це дасть змогу:

– уніфікувати обробку трудових, матеріально-технічних, грошових та інших ресурсів;
– легко агрегувати довільну кількість ресурсів за будь-якою ознакою;
– включати в баланс лише необхідні ресурси за рахунок активізації/пасивізації одиниць виміру.

Суть підходу полягає в тому, що кожний трудовий, матеріальний або гро-

шовий ресурс має набір показників типу «м^3», «кг», «тис. грн.», «маш.-год.», «мех. грн.», «м^3 паль», «100 шт. зб. констр.» тощо, які зберігаються в базі даних. Активізуючи/пасивізуючи ці показники в загальному класифікаторі одиниць виміру, ми включаємо лише необхідні нам укрупнені ресурси для комплексного балансування.

Балансування з кольоровим наглядним інтерфейсом (рис. 9) може виконуватися в ручному режимі (найбільш поширений спосіб) методом зсуву об'єктів або в автоматичному режимі (методом динамічного програмування) з урахуванням пріоритету об'єктів і допустимості їх строків. Основною перевагою в порівнянні з існуючими методами є те, що балансування виконується на рівні об'єктів, а не робіт. У разі потреби балансування на рівні робіт використовується інструментарій мови «КАРТС» (включення технологічних перерв, зміна інтенсивності робіт тощо). Комплексне балансування виконується доти, доки не зникнуть з екрану всі дефіцити та не дійдуть згоди всі учасники інженерного моніторингу.

Перспективи розробок. Висновки

Програмно-технологічний комплекс «ДІАПОС / КАРТС / КАРКАС 1.0» (рис.9) реалізовано в середовищі Delphi 5.0 з власною СКБД, яка дає змогу обробляти нормативні й оперативні дані. Початкова версія комплексу була випробувана в будівельних фірмах (інститут «Київоргбуд» Головкиївміськбуду та інститут НДІАСБ (м. Київ), організації м. Хабаровська (Росія) та ін.). Нині комплекс також експлуатується в лабораторних умовах для студентів КНУБіА та розвивається в рамках наукової роботи аспіранта цього вузу. Він розвивається в тісному практичному та науковому зв'язку з програмно-методичним комплексом «Облік стану та прогнозування ремонту будівельних конструкцій».

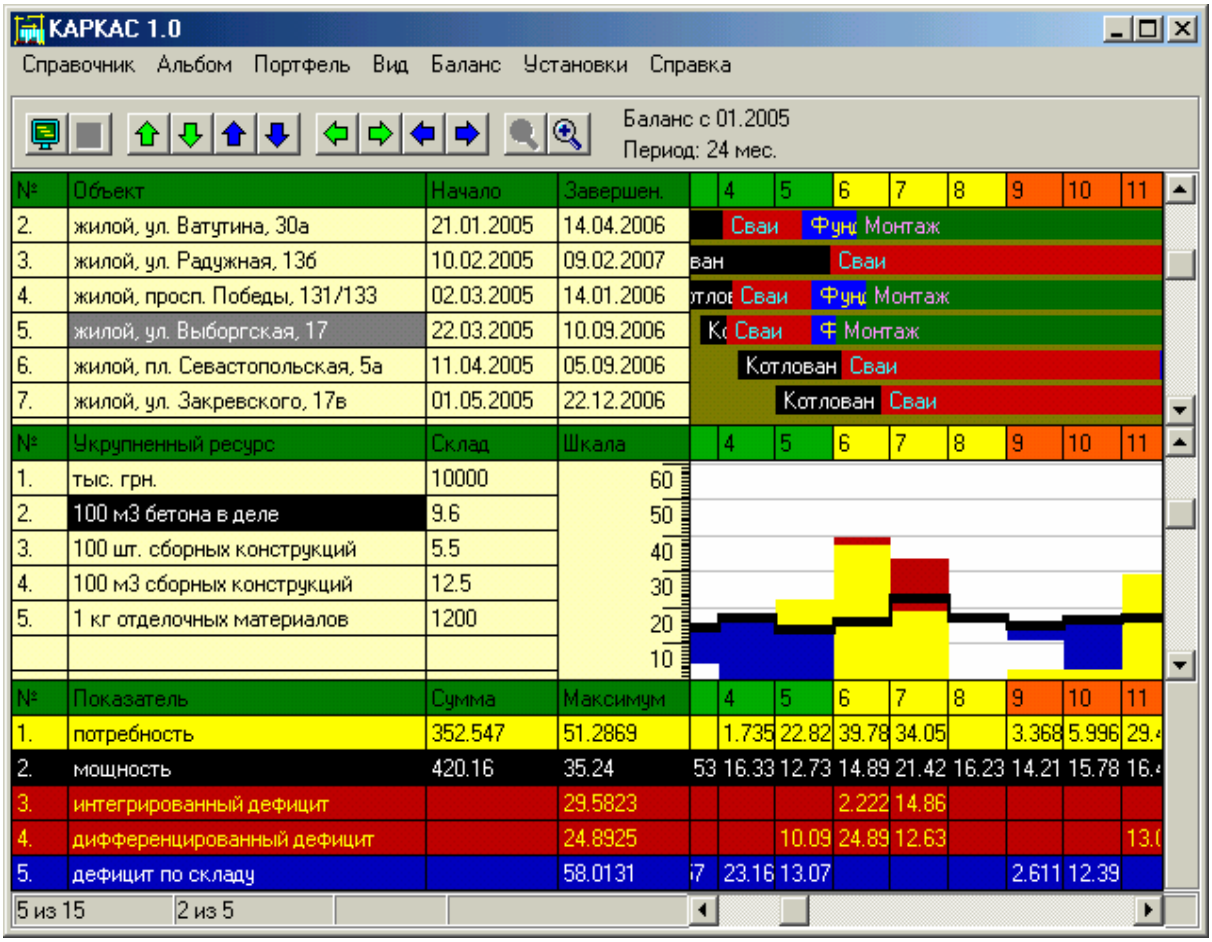


Рис. 9. Інтерфейс програмного пакету комплексного балансування «КАРКАС»

Основними концептуальними засадами програмно-технологічного комплексу «ДІАПОС / КАРТС / КАРКАС 1.0» є:

- обробка інформаційного об'єкта в реальному часі. Під «інформоб'єктом» розуміється повний або частковий опис об'єкта будівництва;
- наскрізний цикл підготовки та управління будівельним виробництвом;
- гнучке перспективне і поточне планування в інтерактивному режимі.

На сьогодні комплекс має такі переваги в порівнянні з існуючими розробками для календарного планування будівельного виробництва:

- оперативне обрахування обсягів виробництва з урахуванням складних багаторівневих технологій та різних обмежень (потужність, склад тощо);
- зручний облік ресурсів і матеріалів;
- мінімальні вимоги до електронно-обчислювальної техніки з орієнтиром на мобільні та Intranet-засоби (використовується власний «економний» формат даних) ;
- координування всіх будівельних робіт і можливість обслуговування комплексу одним фахівцем з будівництва.

Планується розвиток комплексу для підключення розрахунку та кольорового представлення транспортно-накопичувальних систем, а також реалізація в середовищі Linux.

1. *Куликов Ю.А.* Имитационные модели и их применение в управлении строительством. — Ленинград: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. — 224 с.
2. *Афанасьев В.А.* Поточная организация строительства. — Ленинград: Стройиздат, Ленингр. отд—ние, 1990. — 303 с.
3. *Хибухин В.П.* Математические методы планирования и управления строительством: 2-е изд., доп. и перераб. — Ленинград: Стройиздат, Ленингр. отдние, 1990. — 184 с.
4. *Бабич В.І., Перевертун І.М.* Методика організаційно-технологічного моделювання будівельного виробництва в сучасних інформаційних технологіях // Проблемы программирования. — 2004. — №4. — С. 80—92.
5. *Товченко В.И., Михайлов В.С.* Модели и алгоритмы управления строительным производством. — Київ: Вища школа, 1991. — 151 с.
6. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. — 264 с.
7. *Каюк П.В.* Методы и средства управления сложными проектами на примере объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС // Управління проектами та розвиток виробництва. Зб. Наук. праць. — Луганськ, 2000. —№1 (1). — С. 161—168.
8. *Бушуев С.Д.* Автоматизированные системы управления строительством. – К.: Будівельник, 1989. — 255 с.
9. *Величко В.А., Бабич В.И.* Система организации городского строительства. – К.: Будівельник, 1989. — 160 с.

Отримано 24.12.04

Про авторів

Бабич Віталій Іванович
канд. техн. наук, доцент
Тел.: 8 (068) 321 6153 (моб.)
e-mail: babich@realtel.net.ua

Перевертун Ігор Михайлович
аспірант
Тел.: (044) 512-4634 (дом.),
8 (066) 224 3662 (моб.)

Місце роботи авторів:
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Київ, Україна, 03037, просп. Повітрофлотський, 31,
кафедра інформаційних технологій.