

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ТА УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИМИ РОБОТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМОБ'ЄКТІВ

Робота присвячена проблемам комплексного автоматизованого управління житловим і комунальним будівництвом в Україні за допомогою власного програмного комплексу «Karts Planner 1.0». Особлива увага зосереджена на актуальних нині для будівельних корпорацій проблемах ресурсозбереження, прискорення та індустріалізації будівельно-монтажних робіт. Зокрема, запропоновано нову імітаційну модель для ефективною технологічної підготовки та управління будівництвом з використанням інформоб'єктів – повних моделей будівельних об'єктів (на компакт-дисках, Flash-пам'яті), описаних компактними і зручними лінгвістичними засобами з підключенням детальних довідників технологічних операцій та транспортно-технологічної комплектації.

Деякі проблеми в управлінні будівництвом України та шляхи їх розв'язання

Нині інвестування будівництва, особливо житлового, є широкорозповсюдженим, але у будівельників на етапі визначення зобов'язань перед інвестором та підготовки документації часто виникає декілька запитань:

1. Як швидко та точно порахувати терміни та кошти будівництва житлових будинків, причому вхідною інформацією має бути детально описана технологія будівельно-монтажних робіт?

2. Як налагодити з мінімальними витратами за коштами та фахівцями комплексну організацію будівництва з використанням інформаційних технологій щодо підготовки, обліку та управління проектами?

Ці та інші питання ефективно розв'язує розроблений авторами роботи програмний комплекс «Karts Planner 1.0», який є експериментальною частиною дисертації, повністю орієнтований на здешевлення та прискорення будівництва, базу-

ється на міжнародній методиці автоматизованого управління MRP-2 (рис. 1) та присвячений комплексному розв'язанню актуальних задач технологічної підготовки й управління будівництвом з використанням інтерактивних засобів, зорієнтованих на наглядність, компактність, зручність і швидкість обробки галузевої нормативної і проектною документації та формування бізнес-планів забудови.

Отже, розглянемо деякі проблеми технологічної підготовки, календарного планування робіт, ресурсів і потужностей, складського обліку та управління транспортуванням і складуванням в будівництві [1 - 4].

Технологічна підготовка будівництва (ТПБ) полягає в розрахунку та підготовці для виконавців будівельно-монтажних робіт потрібної документації на об'єкт (відомостей ресурсів, технологічних операцій та УВР із зазначенням витрат матеріалів, машино- та працеемкості тощо). На сьогодні ТПБ має такі проблеми:

- неможливість якісного використання



Рис. 1. Місце комплексу «Karts Planner 1.0» в контурах управління підприємством згідно

документації у процесі будівництва об'єкта через тривалий час її підготовки із завершенням після здачі об'єкта в експлуатацію, а не перед початком будівництва;

- неможливість контролю списання матеріалів через розрахунок лише кошторисних характеристик робіт об'єкта (вартості матеріалів, зарплати, праце- та машиновитрат тощо), а не детального змісту матеріалів;

- неможливість врахування потужностей виробництва (домобудівних комбінатів, виробників бетону та цегли, власних потужностей генпідрядників) за всіма факторами для уникнення простоїв монтажного процесу;

Для розв'язання зазначених проблем пропонується розробка та впровадження єдиного довідникового інформаційного ядра будівельної корпорації та тиражування його на електронних носіях (CD, USB-пам'яті тощо) або через Intranet-мережу з достатнім ступенем захисту, що включатиме такі етапи:

- розробка довідника типових будинків, серій, типових конструктивних рішень та креслень;

- розробка класифікаторів виконавців і потужностей (збірний залізобетон, столярні вироби, інженерні мережі, цегла, лісоматеріали тощо) з урахуванням їх автономності за ген- та субпідрядниками;

- розробка класифікатора ресурсів (коштів, машин і механізмів, інструменту, затрат праці, матеріалів) з повним формалізованим переліком їх допоміжних параметрів (вартість, вага, габарити тощо) з зазначенням залежності їх показників від тривалості будівництва, інфляційних процесів, робочих та вихідних днів;

- розробка альбомів будинків та серій, які включають технологічні комплекси робіт (ТКР), укрупнені види робіт (УВР), виробничо-технологічні модулі (ВТМ) і технологічні операції з нормами витрат ресурсів;

- розробка довідника типових технологій (варіантів технологій) та оперативне обрахування вартості та обсягів об'єктів. Кінцевим результатом є розрахунок тривалості, коштів та потреби в ресурсах об'єкта.

Об'ємно-календарне та календарне планування будівництва (ОКП та КП) – найпрацесмішій етап управління, який полягає в директивному та детальному розрахунку планів робіт, ресурсів і потужностей з урахуванням інваріантності будівельних процесів. ОКП та КП у будівництві має ряд проблем:

- неможливість прискорення строків будівництва об'єктів через невикористання календарних планів робіт або ж використання лише на рівні етапів (земляні роботи, монтаж), що пов'язано з їх нединамічністю та низькою інтерактивною гнучкістю (особливо для будівництва житлових будинків у міських умовах);

- неможливість гнучко протистояти зовнішнім збуренням (відсутність матеріалів, поломки обладнання, перебої в постачанні, погодні умови, судові позови) через відсутність якісної імітаційної моделі процесу будівництва, яка б комплексно, швидко та дешево формалізувала й розв'язувала зазначені проблеми.

Для розв'язання зазначених проблем пропонується імітаційна комп'ютерна модель будівництва на основі детального опису технологічних операцій лінгвістичними засобами (мова «КАРТС»), що інтерактивно гнучко (компактно, швидко, прозоро) та з залученням 1-2 спеціалістів з будівництва виконуватиме функції:

- календарного планування робіт (10-50 тис.) і потреби в ресурсах (більше 1 тис.) і потужностях для кожного об'єкта в масштабі хвилин (для транспортно-накопичувальних процесів), діб, тижнів, місяців і років на основі детального опису технології з мінімізацією суб'єктивної вхідної інформації та можливістю фрагментного і циклічного моделювання з аналізом ризиків вчасного виконання робіт;

- виконання імітаційного моделювання (варіантних розрахунків) планів робіт за допомогою компактних, швидких і зручних (для зазначеної розмірності) засобів з метою зручного аналізу потреб за ресурсами та потужностями, відповіді на запитання «що буде, якщо» та вибору одного з варіантів;

- переформування оперативних планів з урахуванням різних технологічних обмежень, тривалості робочого дня, виробітки

виконавців, перебоїв у постачанні, вихідних і святкових днів, погодніх умов, технологічних перерв монтажу і транспорту, а також відсотків уже виконаних робіт.

Управління потужностями будівництва та комплексне балансування (КБ) тісно пов'язане з календарним плануванням і полягає в стратегічному узгодженні позицій інвестора, замовника, генпідрядників та постачальників для визначення директивних строків будівництва об'єктів і містить такі складні проблеми:

1. Неможливість одночасного проведення широкого комплексу будівельно-монтажних робіт (50 об'єктів і більше) через відсутність моделей комплексного балансування та узгодження потужностей підприємств будіндустрії та численних генпідрядників з потребами будівництва та обсягами приоб'єктних складів.

2. Неможливість директивного планування будівництва об'єктів на строк більше, ніж один календарний рік через відсутність гнучких моделей організаційно-технологічного моделювання, КП та ОКП.

Для розв'язання зазначених проблем пропонується модель та інструментальні засоби комплексного балансування за всіма видами ресурсів, розрахунку термінів будівництва та строків введення нових об'єктів для підписання угод між виконавцями та постачальниками ресурсів і матеріалів. Для цього потрібне одне робоче місце, яке оснащується ноутбуком та мультимедійним проектором, за яким прозора «за чашкою кави» візуалізуються дефіцити потужності й складування та приймається рішення. Це дасть змогу виконати:

- узгодження позицій інвесторів, замовників, генпідрядників і постачальників щодо розподілу між будівельними об'єктами потужностей (фахівців, грошей, матеріалів, машин і механізмів, інструменту) з метою їх максимального та рівномірного завантаження протягом планового періоду (5-10 років) та уникнення переповнення приоб'єктних складів або простоїв монтажного обладнання;

- комплексне директивне планування строків об'єктів з урахуванням їх пріоритетів (об'єкти державного значення, соціальної сфери тощо), побажань інвесторів та

генпідрядників, а також термінів здачі.

Оперативний облік полягає у веденні та контролю руху матеріалів за складами та матеріально відповідальними та контролю виконання строків проекту. Нині ця ланка управління широко автоматизована промисловими СУБД, але попри уявну простоту в реалізації вона все ж має такі проблеми:

- неможливість оперативного відстежування в реальному часі руху матеріалів через відсутність єдиного інформаційного ядра корпорації, яке б мало високий ступінь захисту, надійності та дешевизни;

- неможливість контролю точності списаних обсягів матеріалів за виконавцями та етапами об'єктів через відсутність формування замовлень на основі календарних планів ресурсів, розрахованих комп'ютером.

Для розв'язання цих проблем пропонується відмова від використання малоефективних СУБД та перехід до дешевшої й надійнішої файлової структури бази даних, а також орієнтація обліку на галузь, що дасть змогу:

- проведення оперативного моніторингу логістичного ланцюжка будь-якого матеріалу (кількох матеріалів) за складами чи матеріально відповідальними з можливістю контролю списання;

- здійснення незалежного технічного нагляду з широким повсякденним використанням дешевих мобільних засобів (мобільних телефонів, планшетних комп'ютерів) та реальної інтеграція з базою даних підприємства, про що вже зазначалося.

Управління транспортно-накопичувальними системами (ТНС) тісно пов'язано з оперативним календарним плануванням (на рівні хвилин) і полягає в розробці розкладу транспортування комплектів від заводів (складів) до будівельних майданчиків. Управління ТНС в будівництві має ряд проблем:

- неможливість виконувати будівельно-монтажні роботи в радіусі понад 150 км від підприємств будіндустрії через використання існуючих методів організації ТНС (монтаж зі складу тощо) та наявних транспортних засобів малої вантажопідйомності;

- неможливість знизити кількість задіяних транспортних засобів та мінімізувати

транспортні ризики через відсутність моделей оптимального управління процесом комплектації і транспортування матеріалів.

Для розв'язання зазначених проблем пропонуються гнучкі технології транспортування та складування за допомогою універсального транспорту, а також комп'ютерна модель управління ТНС (інтервальні графіки) для існуючих і нових умов у будівництві, яка дасть змогу:

- планування оптимального перевезення комплектів від заводів (складів) до будмайданчиків за критеріями мінімізації одиниць транспорту та максимізації резервів часу з урахуванням відсутності в будівельних підприємствах України універсального транспорту;
- оперативного перепланування графіків транспортування для врахування транспортних ризиків (затори на дорогах, несправності тощо), корективів у календарних планах робіт або організаційних перерв будівництва і постачання з метою зменшення зупинок монтажу чи переповнення приоб'єктних складів;
- розробки моделей для управління регіональними ДБК (досвід Німеччини), які будуватимуть у радіусі більше 1000 км із залученням усіх видів транспорту та універсальних контейнерів (палет).

Мета роботи – це докладний розгляд та обґрунтування імітаційної моделі процесу будівництва об'єктів (мови «КАРТС») та побудованої на її основі системи управління «Karts Planner 1.0», а також гнучких транспортно-накопичувальних систем за досвідом західних країн. Інші зазначені модулі – кошториси, комплексне балансування тощо (рис. 2) детально розглянуті в попередніх статтях авторів [1 - 4].

Календарне планування та імітаційне моделювання будівельних процесів

Прискорення будівництва – реальне лише тоді, коли існує продумана та адекватна імітаційна модель будівельних процесів, яка б включала в тому числі і кошторисні розрахунки. Подібна модель (мова «КАРТС») є ядром розробленої авторами системи управління будівництвом «Karts Planner 1.0». Дані лінгвістичні засоби дають змогу використовувати при побудові моделі, як «цеглинки», розраховані інженерами УВР (з вартістю, тривалістю, змістом ресурсів, працеемкістю), що пов'язуються у відношення робіт (послідовно, паралельно, «не раніше», «не пізніше», цикл), у фрагментні моделі або в етапи з підключенням виконавців, технологічних перерв, інтенсивностей, відсотків робіт тощо за допомогою тек-

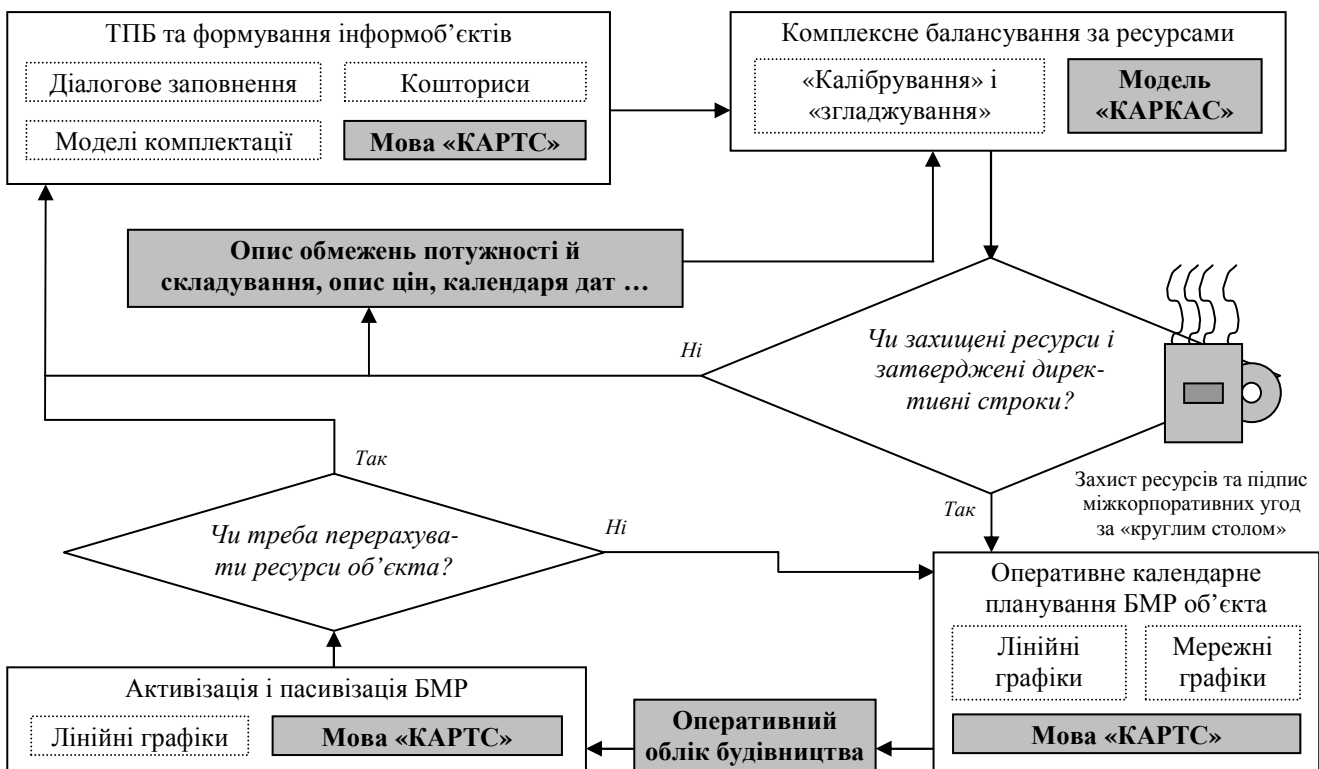


Рис. 2. Загальна ітераційна схема прийняття управлінських рішень за допомогою «Karts Planner 1.0»

стового редактора «Karts Planner 1.0» [2, 5].

Отже, в основі «Karts Planner 1.0» лежить поняття «інформоб'єкт» – повний або частковий опис технології виробничого процесу (будівництва чи іншого), який містить на електронних носіях (лазерний диск, дискета) детальні метанережеві моделі з підключенням довідника технологічних операцій, календаря робіт і класифікатора ресурсів. Задача розробки інформоб'єктів може лежати на технологах будівельної корпорації або на проектних інститутах (наприклад, інститут «Київоргбуд»).

Отже, очікуваною метою використання комплексу є зменшення в 3 - 5 разів тривалості підготовки документації на об'єкт для її здачі до початку будівництва, а також скорочення термінів будівельно-монтажних робіт через підвищення якості організації і планування будівництва з допомогою прорахованих інформоб'єктів.

Розглянемо конструкції мови «КАРТС» докладніше [6, 7].

1. Роботи (виробничо-технологічні модулі – ВТМ, укрупнені види робіт – УВР) викликаються з бази даних проекту (інформоб'єкта) за ідентифікаторами і використовуються відсотково (%) або в циклі (^). Кожна з робіт повинна обов'язково належати етапу робіт (" "). Технологічні перерви між роботами мають тривалість в годинах (+) та підключаються довільно. Відношення послідовності (()) й паралельності (< >) показують зв'язки між роботами та рівень ієрархії організаційно-технологічної моделі:

```
1^4 "ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ" 5^4 "ФУНДАМЕНТ"
+108 <(50%6 7) 7^2 (7 50%6)> "МОНТАЖ"
{земляні роботи: 1-а 4 рази;
влаштування фундаменту: 5-а 4 рази;
технологічна перерва для затвердіння бетону: 4,5 діб;
монтажні роботи: 50% 6-ї, 7-а 4 рази, 50% 6-ї - паралельно}.
```

2. Мітки є описом подій мережі й позначається числовим кодом (□). Фіктивна ро-

бота (→) на мітку означає, що роботи наступні за даною міткою, почнуться «не раніше, ніж» виконаються роботи, що передують даній фіктивній роботі. Існують мітки початку мережі (=) та фіктивні роботи (посилання) на кінець мережі (/).

3. Фрагменти – це підмережі технології (рис. 3). Фрагменти описуються один раз (Fragment), а потім викликаються (@), в тому числі й у циклі. Мітки фрагментів є локальними. Блок опису фрагментів передуює опису технології будівництва об'єкта (Object). Розглянемо приклад опису:

```
Fragment 1: <(11 →1 12 13)(10 15
□1 14)>;
Object: <(1 60%2 □1 40%2 3)(5 6
□2 7)> "ЕТАП 1"
<(8 @1 8 □3 @1 8)(9^2 →3
9^3)> "ЕТАП 2" □1 4 8 →2.
```

4. Опис технології також містить перемикачі до всіх подальших робіт рядка: виконавців (§) та інтенсивності (#). Виконавці позначаються числовими кодами для завантаження з бази даних їх виробіток, а інтенсивності робіт – тривалістю робочого дня в годинах.

Розрахований мовою «КАРТС» детальний графік Ганта робіт (ТКР, УВР, технологічних операцій), ресурсів і потужностей інформоб'єкта також може імітувати організаційні збурення (вихідні та святкові дні, перерви тощо), накладаючись на реальний календар робіт та строки здачі в експлуатацію (рис. 4).

Мова «КАРТС» та комплекс «Karts Planner 1.0» (рис. 5) також можуть реалізувати альтернативне моделювання, яке полягає в «ручному» (через коментарі) або автоматизованому виборі варіанту розрахунку технології залежно від глобальних змінних (погодних умов, перебоїв у постачанні тощо). Також «Karts Planner» дає змогу автоматизованого розрахунку тривалостей робіт для усунення резервів на критичному шляху мережі.

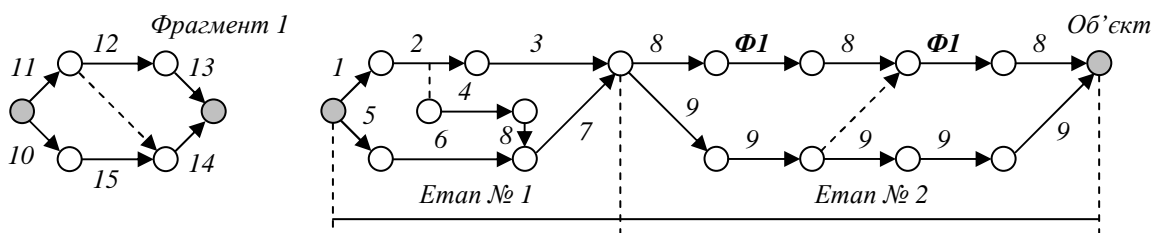


Рис. 3. Приклад мережного графіка будівництва житлового будинку

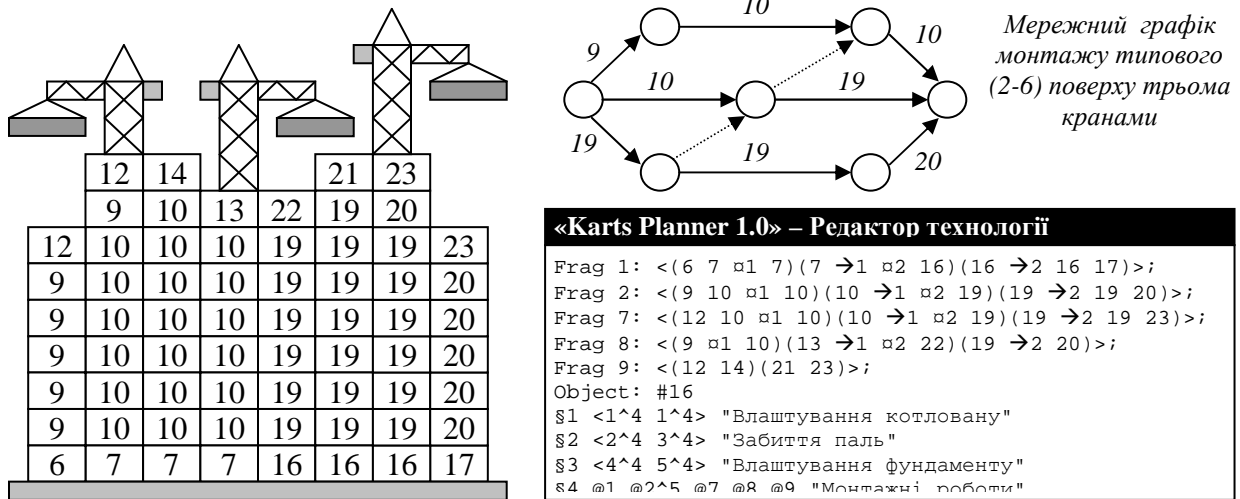


Рис. 4. Моделювання будівництва житлового будинку в «Karts Planner 1.0»

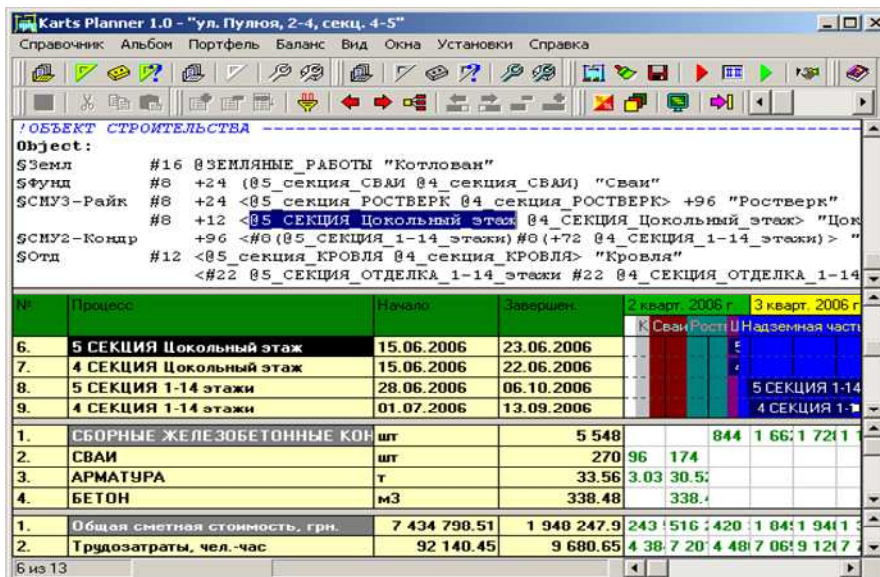


Рис. 5. Інтерфейс текстового редактора програмного комплексу «Karts Planner 1.0»

Лінгвістична імітаційна модель «КАРТС» використовується лише в комплексі з моделлю комплексного балансування «КАРКАС», суть якої полягає в проектуванні директивних графіків будівництва, визначенні обсягів потрібних потужностей будівництва і обсягів складування ресурсів (рис. 6), а також «захисті» ресурсів у діалозі (рис. 7). Модель дає змогу гнучко признача-

ти строки розрахованим в «КАРТС» інформоб'єктам та візуалізувати дефіцити для аналізу стану будівництва та прийняття рішення «за круглим столом» за допомогою «Karts Planner 1.0». Модель «КАРКАС» опублікована авторами [1, 2, 5], отже, наведемо лише її математичну модель:

де q_i – пріоритет об'єкта i , $q_i = \{0, 1, 2, \dots\}$;
 y_{iv} – чи обрано варіант v об'єкта i , $y_{iv} \in \{0, 1\}$;

$$z = \sum_{i=1}^I q_i \sum_{v=1}^{V_i} y_{iv} \sum_{r=1}^R C_r \sum_{t=1}^T x_{irt-\theta_i}^{(v)} - \sum_{r=1}^R \lambda_r^{(2)} \cdot \sum_{t=1}^T \max\left\{ \sum_{i=1}^I \sum_{v=1}^{V_i} y_{iv} \sum_{\tau=1}^t x_{irt-\theta_i}^{(v)} - \sum_{\tau=1}^t P_{r\tau}, 0 \right\} -$$

$$- \sum_{r=1}^R \lambda_r^{(3)} \cdot \sum_{t=1}^T \max\left\{ \sum_{\tau=1}^t P_{r\tau} - \sum_{i=1}^I \sum_{v=1}^{V_i} y_{iv} \sum_{\tau=1}^t x_{irt-\theta_i}^{(v)} - L_r, 0 \right\} \rightarrow \max$$

$$\theta_i^{(a)} \leq \theta_i \leq \theta_i^{(b)}, i = \overline{1, I};$$

$$\sum_{v=1}^{V_i} y_{iv} = 1, i = \overline{1, I};$$

$$q_i > \sum_{j=i+1}^I \sum_{v=1}^{V_j} y_{jv} \sum_{r=1}^R C_r \sum_{t=1}^T x_{jrt-\theta_j}^{(v)}, i = \overline{1, I};$$

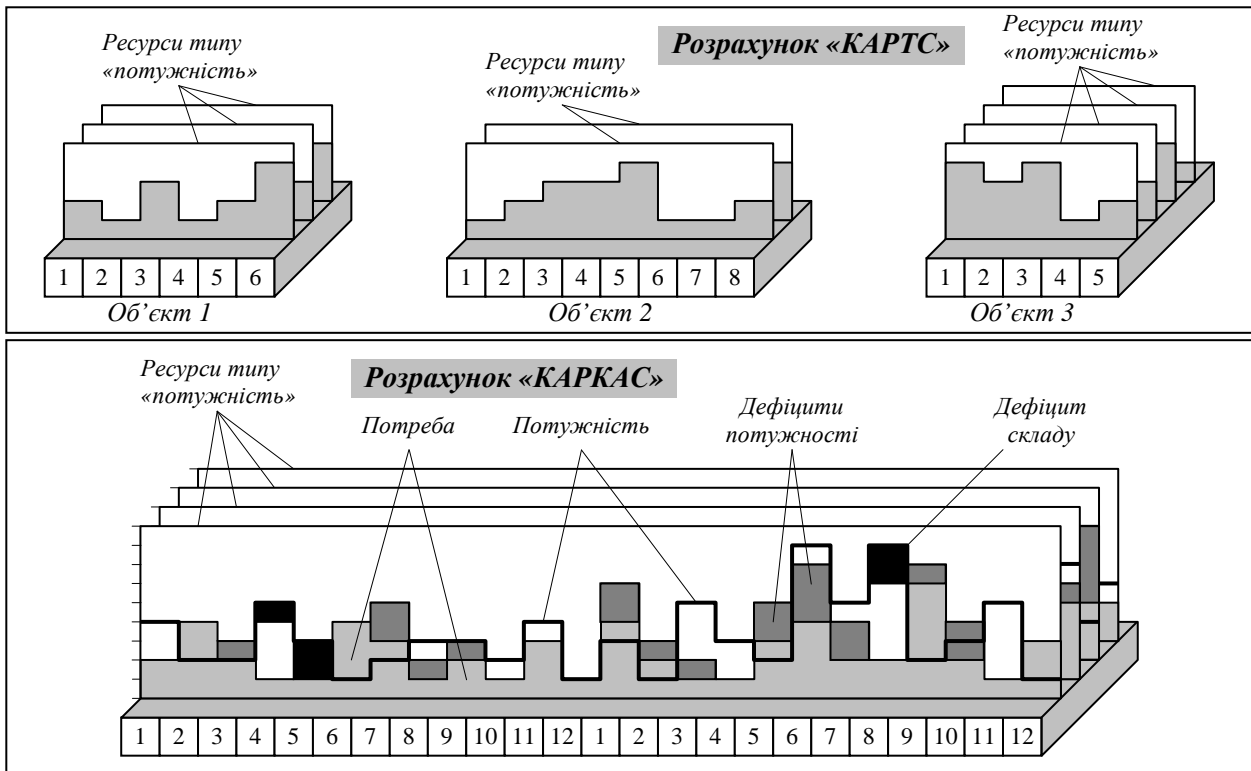


Рис. 6. Схема комплексного балансування будівництва в «Karts Planner 1.0» за багатьма потужностями

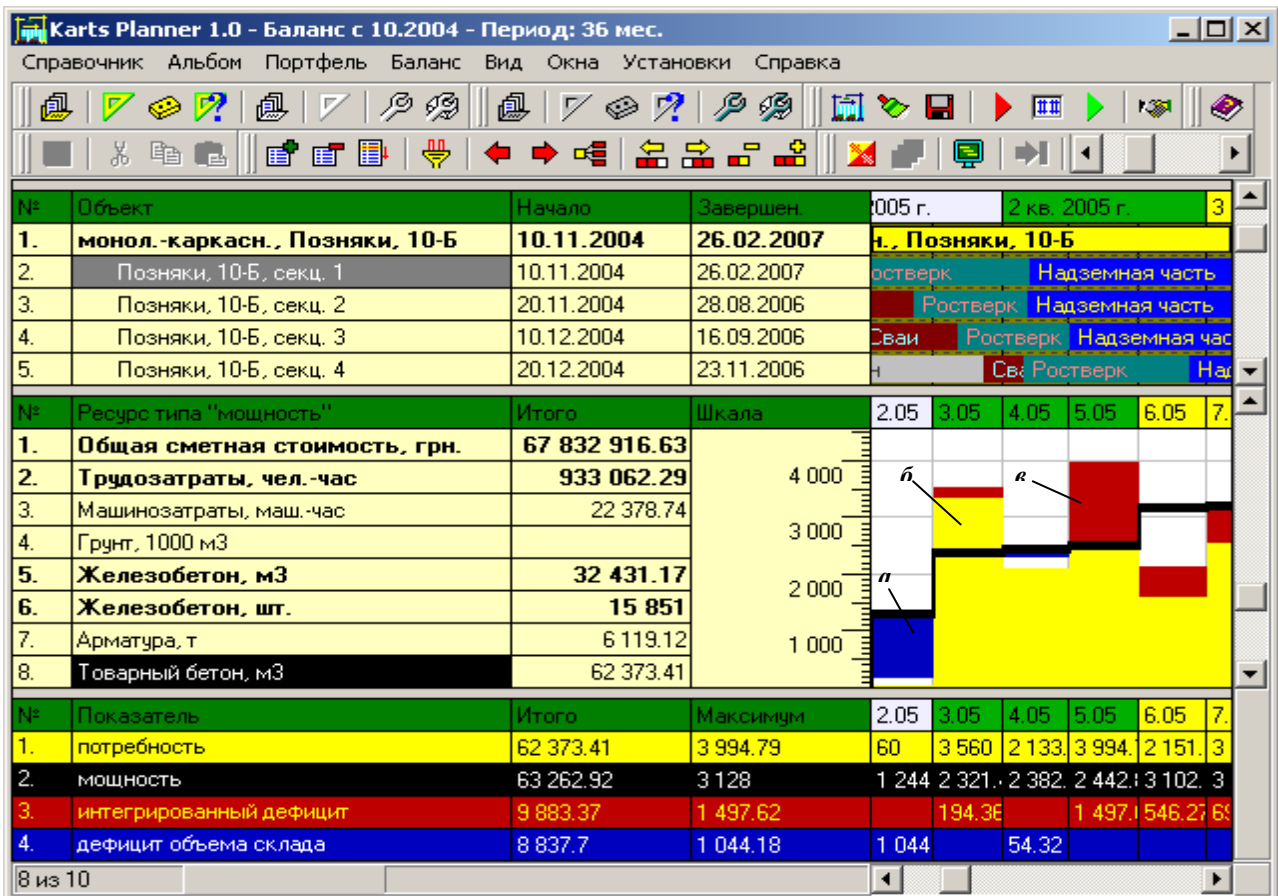


Рис. 7. Епюра в програмному комплексі «Karts Planner 1.0» за товарним бетоном: а – надлишок бетону на лютий 2005 р. (дефіцит складу); б – наявність бетону на березень 2005 р. (потужність); в – нестача бетону на травень 2005 р. (інтегрований дефіцит)

C_r – вартість ресурсу r ;

$x_{int}^{(v)}$ – ліміт ресурсу r у технологічний місяць τ варіанту v об'єкта i , $x_{int}^{(v)} \geq 0$;

θ_i – календарний початок виконання об'єкта i ;

$\lambda_r^{(2)}, \lambda_r^{(3)}$ – штрафи за місячний інтегрований дефіцит одиниці ресурсу r та місячне переповнення складу одиницею ресурсу r ;

P_t – потужність (наявність) ресурсу r у календарний місяць t ;

L_r – обсяг приоб'єктного складування ресурсу r ;

$\theta_i^{(a)}, \theta_i^{(b)}$ – ранній та пізній календарний початок виконання об'єкта i .

Оперативний облік руху матеріалів з використанням мобільних засобів

Здешевлення будівництва прямо пов'язане з економією матеріалів та усуненням їх невинуватених витрат. Але за умов відсутності чіткої технології зведення об'єктів, рух матеріалів (а це більше 10 тис. найменувань) неможливо якісно контролювати. «Karts Planner 1.0» дає технологу та інженеру інтерактивно гнучкі засоби оперативно-календарного планування. Отже, норми витрат матеріалів (за етапами, періодами) піддаються чіткому розрахунку з ураху-

ванням норм витрат і можуть бути реалізовані в замовленнях для складу (рис. 8).

Але значною проблемою на шляху до реалізації подібної схеми оперативного обліку є відсутність єдиного інформаційного ядра та автоматизованого документообігу корпорації. В ідеалі до єдиної бази даних мають бути підключені всі задіяні до управління особи та підрозділи: директор, головний бухгалтер, кладівник складу, інженер-технолог, начальник ділянки тощо. Це, крім оперативного обліку матеріалів, має також забезпечити, виходячи з передового досвіду, усунення дисбалансу в управлінні (наприклад, у бік бухгалтерії чи іншого відділу), ув'язку всіх управлінських функцій в декілька контурів комплексної системи, відсутність дублювання документів та функцій, а також зручний моніторинг діяльності в реальному часі. Труднощами на шляху до створення подібного інформаційного ядра є, насамперед, дороговизна сучасних промислових СУБД, недостатня готовність (технологічна зрілість) власного підприємства щоденно використовувати засоби автоматизації, а також уже впроваджені в різних відділах окремі програмні продукти («острівці автоматизації») багатьох виробників (у тому числі власної розробки підприємства), до яких звик персонал.

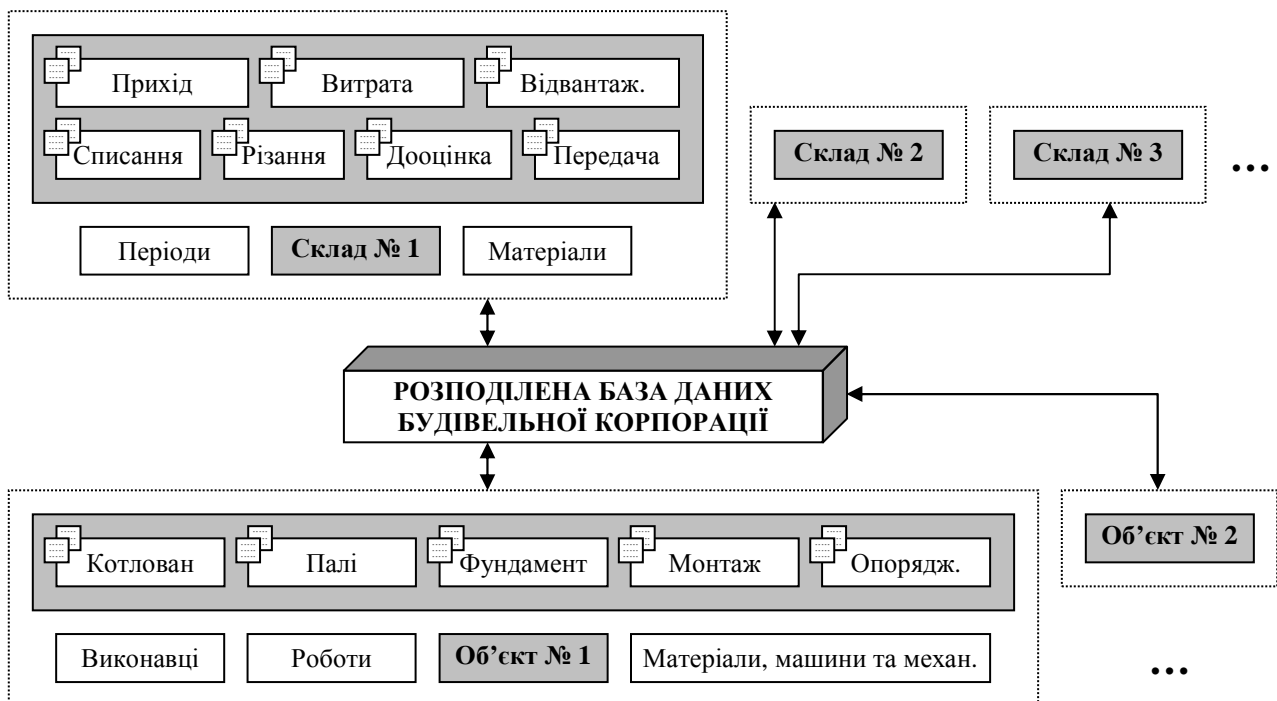


Рис. 8. Взаємодія складського обліку та календарного планування будівельно-монтажних робіт

З метою здешевлення та прискорення обліку пропонується відмова від СУБД та перехід до файлової системи «Karts Planner 1.0», яка в 3 - 4 рази економічніша щодо використання дискової пам'яті та потребує всього 4-8 Мб оперативної пам'яті, що дає змогу широко використовувати мобільні засоби (планшетні та «кишенькові» комп'ютери, мобільні телефони) для оперативної передачі даних. Крім того, «Karts Planner 1.0» дає змогу «м'якого» (надлишок – до 10% від норми) та «жорсткого» контролю списання матеріалів лише згідно замовлень з об'єктів, що усуває їх невиправдане списання та дає змогу планування їх витрат на складі протягом визначеного періоду з метою недопущення термінових закупівель та простоїв будівництва.

Управління транспортно-накопичувальними процесами

Будівництво – комплексний процес, ефективність якого вирішальною мірою залежить від якісного забезпечення необхідними матеріалами за умов обмежень приоб'єктних складів, особливо в великих містах [5]. Отже, без розв'язання задачі транспортування та складування, а також без тісної інтеграції календарного планування (будівельно-монтажних робіт і ресурсів) з формуванням графіків роботи автотранспортних засобів будь-яке управління будівництвом є недостатнім.

Заявки на постачання матеріалів формуються наступним чином. Об'єкт, що будується, має чітко розрахований в «Karts Planner 1.0» календарний план технології (графік Гантта) із зазначенням для кожної роботи (технологічної операції) потрібних комплектів ресурсів. Задача комплектації – окрема складна задача дослідження операцій та САПР, яка не розглядається в даній роботі. Графік робіт, таким чином, можливо представити у вигляді графіка потреби в комплектах із зазначенням часу використання кожного комплекту та складського місця його знаходження (естакада, контейнер, зона, ділянка тощо). Графік комплектів можна перетворити в інтервали постачання в замовленні (рис. 9). Матмодель цієї задачі наступна:

$$Z_1 = X \rightarrow \min ,$$

$$Z_2 = \sum_{x=1}^X \sum_{r=1}^{R_x} \delta_{xr} \rightarrow \max ,$$

$$Z_1 \succ Z_2 \quad \min(\delta_{xr}) = 1; \quad x = \overline{1, X}; \quad r = \overline{1, R_x} ,$$

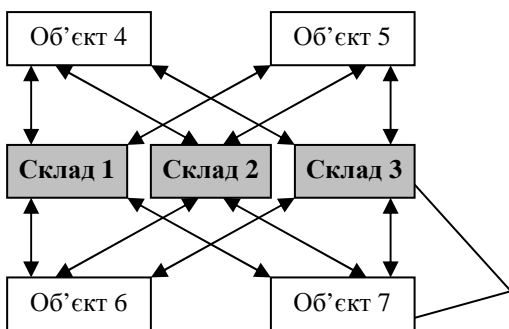
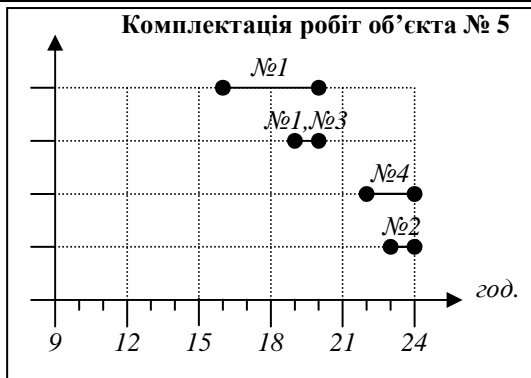
де x – номер задіяної одиниці транспорту;
 δ_{xr} – резерв часу для одиниці транспорту x в рейс r .

Слід зазначити, що подібна схема – ефективна для умов використання універсального транспорту та сателітної технології транспортування і складування, яка буде розглянута далі як розвиток підходу. Для сьогоднішніх умов математична модель також повинна містити обмеження щодо типу та вантажопідйомності транспорту, що і є черговим етапом розвитку програмного комплексу «Karts Planner 1.0».

Гнучкі технології транспортування та складування як розвиток нового підходу

З метою виконання будівельно-монтажних робіт на великих відстанях, економії ресурсів і забезпечення максимальних рівней технологічної, структурної, організаційної та інших гнучкостей як розвиток підходу пропонується розробка та впровадження на основі досвіду Німеччини сателітної технології житлового та комунального будівництва (СТ ЖКБ), суть якої полягала б у наступному [5]:

- вироби з максимальним ступенем готовності (цегла, ЗБК та інші, наприклад, зі столяркою та склопакетами) складуються, а потім комплектуються на заводах в універсальні переналагоджувальні контейнери (сателіти) на роликах з метою доставки їх на об'єкти будівництва (табл. 1);
- контейнери (сателіти) транспортуються на низькорамних трейлерах одностипним автотранспортом (КраЗ-256Б з великим тяговим зусиллям) або залізничним транспортом на приоб'єктні склади (т.з. «вокзали»);
- контейнери масою 5 т без виробів та 35 - 40 т з виробами комплектуються безпосередньо на заводах;
- контейнери на роликах завантажуються зі складських естакад на автотранспорт чи з'їжджають з автотранспорту на приоб'єктну естакаду без допомоги монтажних кранів, що забезпечує автономність роботи технологічного обладнання. Час за-

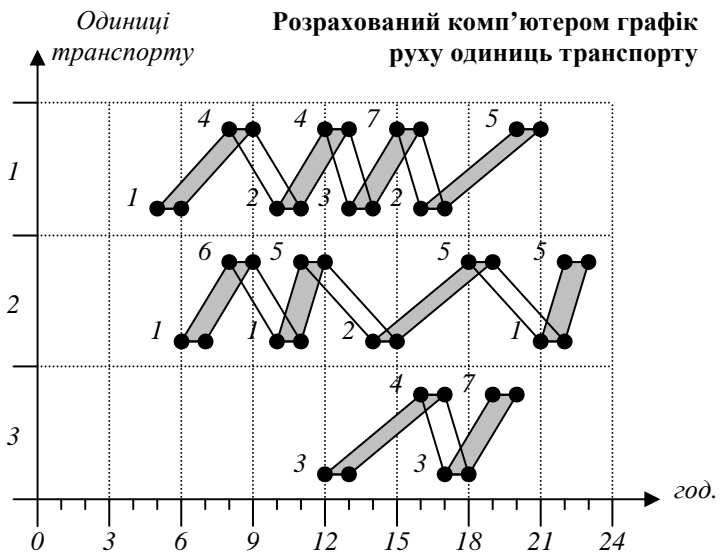


Агреговані замовлення на постачання комплектів

№	Маршрут	$T_{приб.}$	Інтервал	$T_{відп.}$
1	1 → 4	8-10	2	5-7
2	1 → 5	10-16	6	9-15
3	1 → 5	20-23	3	19-22
4	1 → 6	6-12	6	4-10
5	2 → 4	10-14	4	8-12
6	2 → 5	18-19	1	14-15
7	2 → 5	20-22	2	16-18
8	3 → 4	16-20	4	12-16
9	3 → 7	14-20	6	12-18
10	3 → 7	10-16	6	8-14

Карта відстаней

Точка	4		5		6		7	
	→	←	→	←	→	←	→	←
1	3	1	1	3	2	2	3	4
2	2	2	4	3	1	2	1	1
3	4	1	4	4	3	3	2	4



Геометрична карта руху одиниць транспорту

Рис. 9. Схема оперативного розрахунку комп'ютером графіка роботи автотранспорту за добу

вантаження / розвантаження транспорту становить 6 - 10 хв.;

- монтаж виробів здійснюється безпосередньо з контейнерів згідно технологічних карт і графіка постачань, розрахованих комп'ютером, після чого контейнери знову повертають на завод;

Подібна технологія не є чутливою до відстаней (досвід ДБК «Ерфурт», який будував у 80-х роках на трасі «Уренгой-Ужгород» з обігом 600 сателітів), що сприятиме зменшенню кількості будівельних організацій та створенню регіональних домобудівних комбінатів з радіусом будівництва більше 3000 км (рис. 10).

Результатом буде створення єдиного

гнучкого виробничого комплексу (ГВК), який би вміщував як сателітну технологію, так і систему управління ГВК. Загальні задачі СУ ГВК – це координація всіх будівельно-монтажних робіт та транспортно-накопичувальних процесів, мінімізація кількості транспортних засобів у 3-5 разів, гарантування організаційної гнучкості (автономності в роботі та взаємозамінності) шляхом впровадження комп'ютерних інтервальних графіків транспортування та складування.

Слід також зазначити, що сателітна технологія транспортування та складування є єдиною технологією, яка піддається повній формалізації, а отже може бути керована за допомогою інформаційних техноло-

Таблиця 1. Порівняльний аналіз технологій транспортування та складування в будівництві [5]

Характеристика технологічного процесу	Човниковий спосіб	Напівчовниковий спосіб	Існуюча технологія	Сателітна технологія
Зменшення кількості автотранспортних засобів	+	-	+	++
Відсутність багатотипності автотранспортних засобів	+	-	-	+
Відсутність багатотипності трейлерів, причепів, контейнерів	-	-	-	+
Відсутність великого приоб'єктного складу	++	++	-	+
Висока збереженість конструкцій та низький брак транспортування	+	+	-	+
Зменшення простоїв робіт і транспорту через неритмічність роботи ланок	+	-	+	++
Низька частота поломок причепа, трейлера чи контейнера	-	+	++	+++
Незалежність роботи монтажних бригад від АТЗ (організаційна гнучкість)	-	--	+	++
Незалежність транспорту від монтажних та заводських кранів	+	--	-	+
Незалежність монтажних кранів від роботи транспорту	+	--	-	+
Відсутність черги при завантаженні автотранспорту на заводах	+	-	-	+
Незалежність кранів завантаження на заводах від транспорту	+	-	-	+
Можливість використання залізничного та річкового транспорту для організації регіонального будівництва	-	--	--	+
Відсутність спеціального обладнання на приоб'єктних складах	+	+	-	--
Можливість створення системи управління ТП транспортування, складування, монтажу та виробництва в комплексі (забезпечення керованості процесів)	+	-	-	++

гій, зокрема модуля «Управління ТНС» програмного комплексу «Karts Planner 1.0» (рис. 9).

Ефективність запропонованих підходів

Запропоновані та впроваджені авторами інформаційні та гнучкі технології дають наступну ефективність:

- 1) оперативний обрахунок вартості та

строків будівництва для визначення договірних зобов'язань перед інвесторами. Директивне планування будівництва на строк від 2 до 10 років та визначення майбутніх дефіцитів за фахівцями, грошами, матеріалами, машинами та механізмами;

- 2) підвищення якості будівництва прогнозованості строків введення об'єктів в експлуатацію, швидке прийняття рішень з

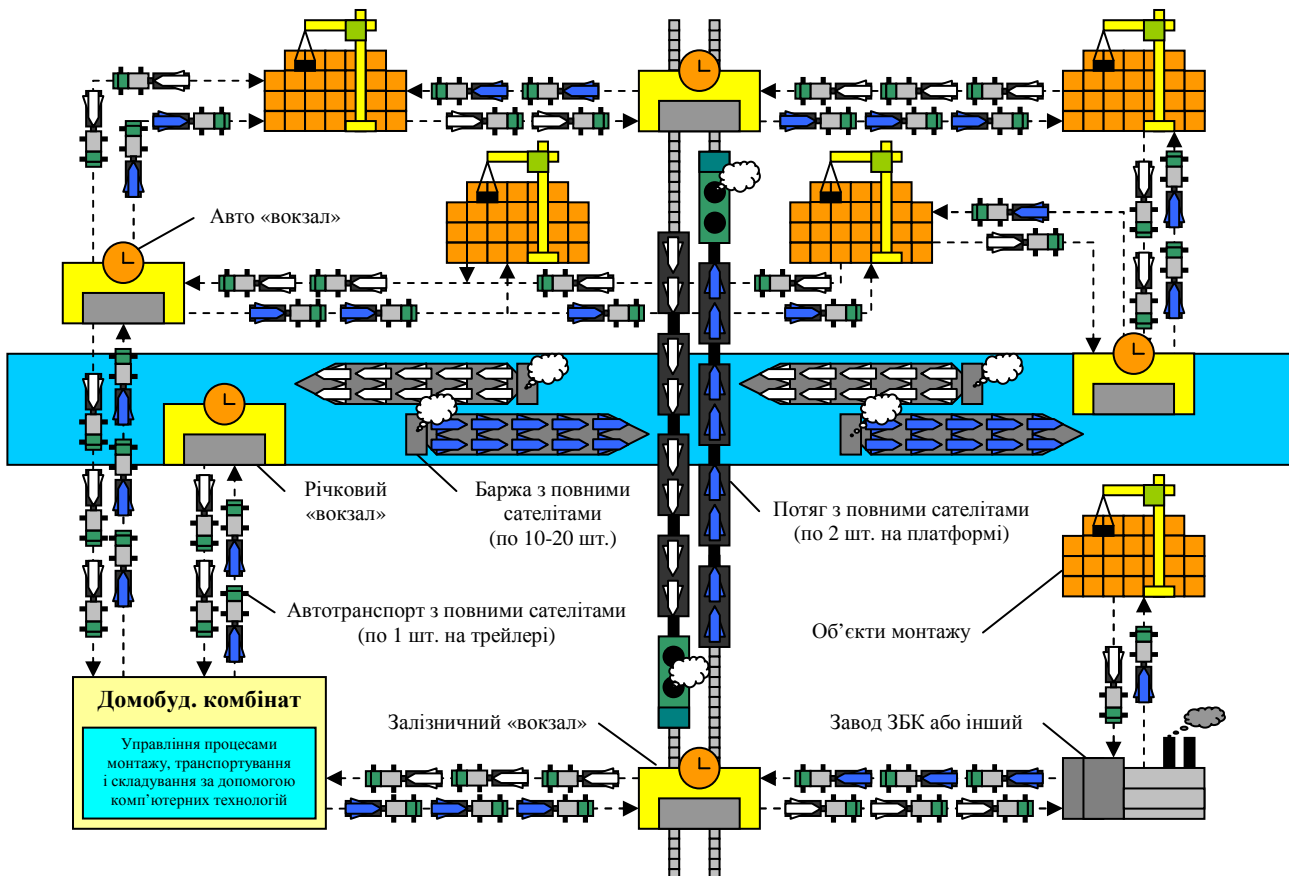


Рис. 10. Схема регіонального будівництва, яка керується інформаційними технологіями

урахуванням інваріантності технологічних моделей та організація збалансованого будівництва за рахунок детального опису технологій (у хвиликах) гнучкими комп'ютерними моделями управління монолітно-каркасним чи серійним будівництвом та їх комплексного балансування за всіма видами ресурсів;

3) гнучке оперативне управління та швидке прийняття рішення щодо усунення непередбачуваних збурень (перебої в постачанні, зміна складу бригад, розвантажувальні роботи з залученням монтажного крану, погодні умови, інфляційні процеси, вихідні та святкові дні, тривалість робочого дня, технологічні перерви, зміни в проекті тощо) наявними або додатковими потужностями для уникнення зриву термінів будівництва або фінансових (матеріальних) збитків;

4) зменшення кількості управлінських ланок, особливо на нижніх рівнях, завдяки створенню дійсно ефективної корпоративної системи з єдиним інформаційним ядром та наскрізним безпаперовим документообігом з високим рівнем деталізації опису технології;

5) збір і накопичення даних та їх розрахунок без залучення обчислювальних центрів. Орієнтація на залучення фахівців (технологів, інженерів) лише з будівництва;

6) орієнтація на постійну мінімізацію робочих місць з підготовки потрібної робочої документації та своєчасне забезпечення нею будівельників, що відповідає еволюційній гнучкості технологічних моделей. Для цього створена спеціальна мова і комп'ютерний редактор детального опису технологій;

7) організація наскрізного документообігу корпорації для оперативного контролю та аналізу (в будь-який час) освоєних коштів, стану виконаних робіт, запасів на складах, списаних матеріалів, зарплати тощо;

8) прискорення підготовки будівельної документації на весь об'єкт та її здача перед початком будівництва або на його початкових етапах;

9) організація незалежного технічного нагляду з використанням недорогих мобільних засобів (мобільні телефони, планшетні комп'ютери тощо);

10) використання математичних моделей

оптимального прийняття рішень для усунення простоїв у монтажних та транспортно-накопичувальних процесах. Наслідком цього буде зменшення неконтрольованого списання матеріалів і судових позовів щодо неналежної якості робіт чи порушення строків будівництва;

11) як результат розв'язання дуже важливих задач: забезпечення комплексності управління, наскрізності вирішення задач технологічної підготовки будівництва, обліку та управління для забезпечення гнучкості (керованості) та замкнутості контурів управління;

12) відсутність потреби встановлювати будь-яке інше програмне забезпечення (в т.ч. дорогі системи управління базами даних, що пропонують аналогічні західні та російські системи: Primavera Construction, Open Plan, Spider Project, 1С, ІТ-Предприятие) з можливістю роботи як у локальному (в межах корпорації), так і в мережному (з підключенням підприємств корпорації) режимі.

1. *Бабіч В.І., Перевертун І.М.* Методика організаційно-технологічного моделювання будівельного виробництва в сучасних інформаційних технологіях // Проблеми програмування. Наук. журн. – К., 2004. - № 4. – С. 88–99.
2. *Бабіч В.І., Перевертун І.М.* Порівняльний аналіз існуючих підходів до інтерактивного організаційно-технологічного моделювання будівельного виробництва // Проблеми програмування. Наук. журн. – К., 2005. - № 2. – С. 85–97.
3. *Бабіч В.І., Перевертун І.М.* Методика применения средств «Karts Planner 1.0» для управления проектами в строительстве // Праці III Міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами і проектами». – Харків: НАУ ім. М.С. Жуковського «ХАІ», 2005. – С. 5–6.
4. *Бабіч В.І., Перевертун І.М.* Експериментальне дослідження організаційно-технологічного моделювання будівельних об'єктів засобами «Karts Planner 1.0» // Праці VIII Міжнар. наук.-технічної конф. «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2005). – Вінниця: ВНТУ, 2005. – С. 69–77.

5. *Величко В.А., Бабич В.И.* Система організації городского строительства. – К.: Будівельник, 1989. – 160 с.
6. *Компаниец Р.И., Маньков Е.В., Филатов Н.Е.* Системное программирование. Основы построения трансляторов: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2000. – 256 с.
7. *Хантер Р.* Основные концепции компиляторов.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2002. – 256 с.

Отримано 28.03.2006

Об авторах:

Бабіч Віталій Іванович,
канд. техн. наук, доцент,
Перевертун Ігор Михайлович,
аспірант.

Місце роботи авторів:

Київський національний університет будівництва та архітектури,
03037, Київ, Україна,
проспект Повітрофлотський, 31.
тел.: (044) 241 5583,
e-mail: vitaly_babich@ukr.net,
igor_perevertun@ukr.net