

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ
ім. В. М. ГЛУШКОВА

На правах рукопису

УДК 330.115

В О В К
Володимир Михайлович

**МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ
УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМ
ВИРОБНИЦТВОМ**

Спеціальність 08.00.13 — економіко-математичні методи

Дисертація на здобуття вченого ступеня
доктора економічних наук
у формі наукової доповіді

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00816974 (Z)

Робота виконана у Львівському державному університеті ім. І. Франка.

Офіційні опоненти: доктор економічних наук, професор СИТНИК В. Ф., доктор економічних наук, професор КЛИМЕНЮК М. М., доктор економічних наук, професор ТКАЧЕНКО І. С.

Ведуча організація — Тернопільський інститут народного господарства.

Захист відбудеться « _____ » _____ 199 р. в _____ годині на засіданні спеціалізованої ради Д 016.45.03 при Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова АН України за адресою:

252207 Київ 207, проспект Академіка Глушкова, 40.

З дисертацією можна познайомитися у бібліотеці Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова.

Дисертація у формі наукової доповіді розіслана « 22 » зр/у/92 1992 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради

РИБАК В. І.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Актуальність дослідження. Економічні методи управління народним господарством передбачають пріоритетність впливу господарського механізму на підвищення ефективності виробництва, зокрема будівельного. Разом з тим об'єктивний аналіз капіталовкладень дає змогу дійти висновку, що заходи щодо поліпшення стану будівництва не дали очікуваного результату. Це вимагає звернути увагу на проблему неповного використання науково обгрунтованих методів прийняття управлінських рішень для вдосконалення будівельного виробництва.

Будівництво як галузь матеріального виробництва відіграє провідну роль у створенні технічного потенціалу в народному господарстві. Доля будівництва у виробництві валового суспільного продукту в Україні в 1969 році становила 10,7%, національного доходу - 12,6%. І цей показник продовжує зростати. Питом вага капіталовкладень в житлове будівництво у загальному народногосподарському обсязі становила у 1967 році 16,3%. Тому підвищення ефективності капіталовкладень, збільшення фондівіддачі, поліпшення використання виробничих ресурсів, зниження частки живої праці в будівельному виробництві вимагає прискорення введення в народногосподарський оборот нових виробничих ресурсів, збільшення тим самим економічного потенціалу країни.

Одним з головних напрямків розв'язання цих проблем є підвищення точності, гнучкості й оперативності управління будівельним виробництвом, виробничо-господарською діяльністю будівельних організацій. Передумовою успішного вирішення цього є, з одного боку, поступовий перехід від адміністративних до економічних методів управління будівництвом в умовах ускладнення господарських, економічних і організаційних зв'язків всіх ланок будівельного виробництва, а з другого боку - до якісно нових можливостей теорії і практики управління завдяки інтеграції суспільних, природничих і технічних наук, розробленню на основі цієї інтеграції сучасних математичних методів і технічних засобів обчислень. Останнім часом зміни в економіці, у виробничих відносинах створюють сприятливі умови для радикального повороту у бік застосування методів економіко-математичного моделювання в роботу підрозді-

ліз різних рівнів народного господарства.

Використання методів оптимізації для пошуку і прийняття рішень щодо організації виробничого процесу є одним з вирішальних напрямків підвищення ефективності функціонування будівельних організацій, особливо в умовах конкурентної економіки. В цих умовах будівельні організації несуть повну відповідальність за використання ресурсів, виконання договірних зобов'язань, за власну фінансову і економічну політику.

У цьому напрямку проводилося і проводиться досить багато наукових досліджень, присвячених питанням оптимізації і підвищенню економічної ефективності використання виробничих потужностей будівельних організацій. Але методи вирішення різноманітних проблем ефективного управління будівельним виробництвом не досить вивчені. Багатьом із технологій і методик властива неадекватність реальному виробничому процесу, який відбувається, і недостатня ефективність використання математичного моделювання в економічну практику. Крім того сам науковий інструментарій математичного моделювання недосконалий для планування та управління технологічними процесами в складних економіко-виробничих системах.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування методології та інструментарію математичного та імітаційного моделювання управління реалізацією складних проектів і створення на цій основі системи моделей і алгоритмів управління будівельним виробництвом та технології їх використання в економічній практиці, що є ефективною мірою інтенсифікації і підвищення продуктивності будівельного виробництва.

Вказана мета зумовила необхідність постановки та розв'язку наступних наукових проблем:

- дослідження систем управління реалізацією складних будівельних проектів;

- дослідження і розробка нових математичних моделей, методів і алгоритмів, адекватних реальним виробничо-господарським і організаційно-технічним умовам діяльності виробничих підприємств;

- створення логічно-математичних технологій оптимізації і комп'ютеризації прийняття рішення по управлінню виробничою і господарською діяльністю будівельних організацій.

Предмет і об'єкт дослідження. Предметом дослідження є системне планування та управління технологічними процесами в складних економіко-виробничих системах на базі використання сучасних інформаційних технологій і економіко-математичних методів.

Об'єктом дослідження вибрані організаційно-технологічні та виробничі аспекти будівельної індустрії.

Методологія дослідження. Методологічною основою дослідження послужили досягнення економічної науки, які знайшли своє відображення в працях вітчизняних і зарубіжних авторів, а також офіційні методичні нормативні і довідкові матеріали.

Інформаційну основу дослідження склали практичні матеріали про розвиток і організацію будівельного виробництва, отримані автором при вивченні досвіду створення і використання систем вироблення і прийняття рішення на вітчизняних і зарубіжних підприємствах і участі на наукових, науково-практичних конференціях і семінарах.

Опрацювання фактичних матеріалів, дослідження теоретичних і практичних питань організації прийняття рішень здійснювалися на основі концепції системності з використанням сучасного наукового інструментарію і, зокрема, методів системного аналізу.

Наукова новизна. Суть наукової новизни полягає у вирішенні таких завдань:

І. Поставлена і реалізована проблема оптимізації управління складними економіко-виробничими об'єктами /на прикладі будівельного виробництва/. На вирішення цієї проблеми було розроблено економіко-математичну модель і алгоритм її реалізації задачі розподілу виробничих завдань за структурними виробничими підрозділами; розроблено економіко-математичну модель оптимізації рівномірності використання виробничих потужностей будівельної організації; економіко-математичні моделі задачі оперативно-календарного планування використання парку машин і механізмів, а також формування його оптимальної структури; розв'язана задача оптимізації виробничої програми домобудівного комбінату; створено комплекс економіко-математичних моделей оптимального оперативного планування роботи технологічних ліній по випуску виробів

крупнопанельного домобудування і алгоритмих реалізації.

2. Вперше розроблено теоретичні основи управління реалізацією складних будівельних проектів. На вирішення цієї проблеми запропоновано концепцію моделювання реалізації складних будівельних проектів, складено алгоритм моделювання монтажу великопанельного житлового будинку /в нормальних умовах і в умовах виникнення дефіциту будівельних виробів/.

3. Розв'язана система задач моделювання і оптимізації перевезень елементів і конструкцій в крупнопанельному домобудуванні. На вирішення цієї проблеми розроблено концепцію формування рейсокомплексів і моделювання розміщення будівельних виробів на спеціалізованому технологічному транспорті.

4. Запропонована концепція і інструментарій її реалізації управління виробничими процесами при будівництві електричних мереж на основі методів математичного моделювання і ЛЕОМ. На її вирішення створено комплекс економіко-математичних моделей оптимізації матеріально-технічного забезпечення будівництва електричних мереж; розроблено алгоритм і методику визначення розрахункової вартості ліній електропередачі 110кв., 35кв., 10кв., 0,4кв; розроблено і реалізовано алгоритми розрахунку потреби в основних виробничих ресурсах на будівництво ліній електропередачі; реалізована задача формування особистого рахунку госпрозрахункового підрозділу; вирішені задачі обліку і аналізу експлуатації машин і будівельних механізмів, аналізу використання трудових ресурсів, контролю виконання доручень і участі виконавців у виконанні завдань.

5. Розроблена концепція оптимізації використання виробничих потужностей будівельної організації при спорудженні комплексу гос середніх об'єктів.

6. Запропонований метод розв'язання задачі транспортно-го типу з фіксованими доплатами.

Зв'язок досліджень з планами НДР. Наукові дослідження по темі дисертації проводилися на кафедрі економічної кібернетики Львівського університету згідно планів НДР у відповідності до держбюджетних тем Координаційного плану найважливіших науково-дослідних робіт вузів СРСР по економіці на 1981-1985р.р./тема 5.3.3.1. "Створення математичного і орга-

нізаційного забезпечення АСУ будівельним виробництвом, № Др 01.81.0089330/; Координаційного плану найважливіших науково-дослідних робіт вузів СРСР на 1986-1990р.р./тема 2.4.3.1. "Вдосконалення економічних методів управління будівельним виробництвом", № Др 01.86.0127716; тема 3.1.1. "Моделювання господарського механізму управління"; плану НДР Мінвузу України /тема Ек-4716 "Вдосконалення економічних методів управління будівельним виробництвом"; плану НДР університету /тема Ек-5386 "Моделювання господарського механізму управління первинним госпрозрахунковим виробничим підрозділом".

Практичне значення і реалізація наукових досліджень.

Результати наукових досліджень отримані внаслідок виконання держбюджетних і госпдоговірних тем. Практичне значення цих досліджень відображено у звітах про виконання наукових тем:

- Створення математичного і організаційного забезпечення АСУ будівельним виробництвом.- шифр 5.3.3.1./1981-1985, Др 01.81.0089330/;
- Вдосконалення економічних методів управління будівельним виробництвом.- шифр 2.4.3.1./1986-1990, Др 01.86.0127716/;
- Визначення раціонального комплексу машин для механізації будівельних робіт на малооб'ємних розсереджених об'єктах.- шифр Ек-49-74./1974. Др 74051554/;
- Розробка методів визначення оптимальної структури парку будівельних машин спеціалізованого будівельного управління.- шифр Ек-19-69/; 1969
- Вдосконалення методики річного і оперативного планування на домобудівному комбінаті.- шифр Ек-62-75 /1975-1980. Др 75.052225/;
- Моделювання потреби в матеріальних ресурсах на будівництво сільських ліній електропередачі. - шифр Ек-79-83 /1983-1984. Др 01.84.0084055/;
- Автоматизація планових розрахунків і аналізу забезпеченості будівельних об'єктів матеріальними, фінансовими і технічними ресурсами в умовах бригадного підряду. - шифр Ек-4-85 /1985-1987, Др 01.85.0080460/;
- Вдосконалення методики планування і аналізу будівельного виробництва тресту "Львівсільелектромережбуд". - шифр

ЕК-10-88 /1988-1992 Др 01.88.0011779/;

- Створення математичного забезпечення ПЕОМ для визначення розрахункової вартості будівництва лінії електропередачі. - шифр I269. 1989.

- Облік витрат госпрозрахункового підрозділу при будівництві ПШ - 110кв, 35кв, 10кв, 0,4кв. - шифр 2587, 1990;

- Розрахунок потреби в матеріальних ресурсах на будівництво ліній електропередачі з використанням ПЕОМ. - шифр 02.03.06.92, 1992.

Наукове керівництво всіма названими роботами здійснювалося автором.

Реалізація теоретичних положень при створенні методики річного /двохрічного/ та оперативного-календарного планування здійснювалося у трестах "Яворівкімбуд", "Черкаспідзембуд", "Львівжитлобуд", на Львівському ДБК-1 і ДБК-2, Литомирському ДБК, Івано-Франківському ДБК з річним економічним ефектом понад 200 тис.грб.

Реалізація методик проведення планових розрахунків і аналізу виробництва здійснювалося у трестах по будівництву сільських ліній електропередачі Міністерства енергетики України з річним економічним ефектом понад 180 тис.грб.

Ряд результатів впроваджено в навчальний процес у Львівському університеті у курсі "Моделювання економічних відносин", спецкурсі "Моделювання конкурентної економіки". На основі отриманих наукових результатів створено і реалізується спецкурс "Моделювання і оптимізація управління будівельним виробництвом", опубліковані навчальні посібники і методичні розробки для студентів економічних спеціальностей.

Публікації. По матеріалах дослідження опубліковано автором 45 праць загальним обсягом 74 др. арк., в тому числі у 7-ми монографіях, із них 5 - написані автором самостійно.

II. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

I. Аналіз проблем і визначення сучасних тенденцій в управлінні будівельним виробництвом.

I.1. Передумови нового підходу до оцінки ефективності будівельного виробництва в умовах конкурентної економіки.

Різні траєкторії розвитку економіки потребують різних затрат людських, матеріальних і грошових ресурсів, різного часу реалізації. Очевидною є проблема пошуку оптимальної, в розумінні названих показників, траєкторії.

У кризовій ситуації знаходяться всі галузі народного господарства, але серед галузей, яких у найбільшій мірі вона зачепила, є галузь будівництва. Причиною цього є значне сповільнення відтворюючих процесів фактично у всіх галузях народного господарства, а будівництво є кінцевим етапом інвестиційного циклу. Адміністративно-командна система управління виявилася нечутливою до динамічних змін потреб суспільства, об'єми інвестицій не збалансовуються з можливостями матеріально-технічного постачання і наявними виробничими потужностями будівельно-монтажних організацій. І тут, коли керувати економікою командно-адміністративними методами далі стало неможливо, а інші методи керування в цих умовах не прижилися, цілком об'єктивно економіка країни увійшла у сферу хаосу і анархії. Така ж доля спліткала і будівництво. Нарешті стало зрозумілим, що без застосування принципів конкурентності і монополізації очікувати позитивних змін в економіці взагалі і у будівництві зокрема немає підстав.

Прогресивність ринкових відносин проявляється у погодженні інтересів замовника і виконавця, стимулює зниження собівартості продукції, покращення її якості, використання досягнень науково-технічного прогресу.

Основним критерієм оцінки діяльності підприємства чи організації, окремого виробника є госпрозрахунковий дохід, який інтегрує фактично показники всіх аспектів виробничої, економічної і фінансової діяльності.

Величину доходу можна змінювати за рахунок розширення об'ємів продукції, що виробляється, за рахунок підвищення

ціни на неї, за рахунок підвищення ефективності виробництва. Останній з цих напрямків є основним, на який має вплив виробник продукції.

1.2. Інформаційна технологія економічного аналізу будівельного виробництва.

Будівництво як складна народногосподарська система у процесі свого функціонування поєднує діяльність різноманітних організацій різної підпорядкованості. Це створює проблеми і задачі організації і управління виробничими процесами. Інформація, яка циркулює всередині окремої будівельної організації, як правило, направлена на вирішення локальних інформаційно-розрахункових задач. Ці задачі не дозволяють у повній мірі сприяти радикальному підвищенню ефективності будівельного виробництва тому, що їх розв'язок лише констатує реальний стан справ у виробництві, виробничому процесі.

Дослідження, описані в даній роботі, направлені на те, щоб на основі оцінки поточного стану прогнозувати розвиток економічних процесів, які відбуваються у будівельній організації, у якій проводиться економічний аналіз, відшукати резерви для ліквідації виявлених негативних відхилень від наміченої траєкторії досягнення поставленої мети, розрахувати варіанти рішень і прийняти оптимальне з них.

Сучасний об'єктивний, науково обгрунтований економічний аналіз можливий лише при використанні ефективних засобів опрацювання економічної інформації, методів такого опрацювання, які би сприяли інтелектуалізації такого економічного аналізу.

1.3. Моделювання як інструмент оптимізації управління будівельним виробництвом.

Науково обгрунтоване вивчення поведінки окремого виробничого підрозділу, чи виробничого процесу при зміні впливових факторів, параметрів зв'язку можливе, використовуючи метод математичного моделювання як універсальний інструментарій пізнання.

Досвід використання економіко-математичного моделювання у теоретичних дослідженнях управління будівельним виробництвом і практичних вирішеннях економічних задач стверджує, що

економіко-математичні методи дозволяють проводити експерименти з метов вивчення ситуацій, процесів і виробляти потрібні рішення для скерування розвитку у бажаному напрямку. І комплексний підхід при цьому забезпечує якісно новий рівень методики прийняття рішення. Проте навіть окремі оптимізаційні задачі управління будівельним виробництвом уможливають одержання відчутного економічного ефекту, набуття досвіду для їх використання в комплексі математичного забезпечення систем управління.

Прийняття рішення здійснюється на всіх рівнях організаційної структури управління і є його найважливішою функцією. Суть його полягає у забезпеченні ліквідації розходжень між фактичним і бажаним станом розвитку ситуації. Знайдений розв'язок конкретної ситуації, як правило, не є рішенням до дії, а лише на його основі виробляється потрібне рішення. Методи математичного моделювання дозволяють прогнозувати з високою мірою достовірності ситуації.

2. Математичне моделювання оптимізаційних задач будівельного виробництва.

Аналіз специфіки будівельного виробництва і систем управління ним дозволив виділити ряд оптимізаційних задач, які разом з існуючими методами утворювали би комплекс взаємопов'язаних методик оптимізації управління будівельним виробництвом у найбільш типових будівельних організаціях. В цьому плані наведені нижче основні результати досліджень:

2.1. Задача оптимізації розподілу виробничих завдань за структурними виробничими підрозділами.

Планові періоди відрізняються від попередніх передусім структурою робіт. Змінюються обсяги й види робіт, строки виконання, місцезнаходження об'єктів будівництва тощо. Це спричиняє відповідні зміни потужностей будівельної організації і підвідомчих підрозділів, наприклад, тресту і його управління.

За запланованим переліком і обсягом робіт можна визначити виробничі потужності тресту, які необхідні для їх виконання. Закріплення об'єктів робіт за виробничими підрозділа-

ми здійснюється з урахуванням вартості їх виконання, коефіцієнтів можливої переваги із забезпеченням при цьому мінімальних сумарних витрат на виконання всього комплексу цих робіт.

У зв'язку з тим, що кожний об'єкт робіт може бути закріплений лише за одним підрозділом, економіко-математична модель цієї задачі є частково цілочисловою. Нами запропонований підхід, враховуючи специфіку будівельного виробництва, зведення цієї моделі до моделі транспортної задачі. Якщо потужності підрозділів можуть змінюватися, то можна отримати оптимальний розв'язок названої задачі, в противному випадку - отримуємо наближений розв'язок задачі.

2.2. Оптимізація рівномірності використання виробничих потужностей будівельної організації.

Будівельна організація при формуванні своєї річної програми поставлена у жорсткі умови, адже повинна орієнтуватися на строки виконання робіт, встановлені замовником. Переносити ці строки виконання з метою поліпшення рівномірності використання виробничих потужностей будівельній організації дуже важко, а то й зовсім неможливо, бо це призводить до недотримання строків будівництва, перешкод у роботі організацій-суміжників, які беруть участь у будівельному процесі.

У такому випадку забезпечити найбільшу рівномірність використання виробничих потужностей найдоцільніше завдяки перерозподілу об'єктів між управліннями тресту, чи підрозділами організації.

Пропонувалося розв'язувати дане завдання по таких критеріях: мінімізація найбільшого відхилення величини виробничих потужностей у кожному з підперіодів від середнього обсягу робіт, який припадає на один підперіод; мінімізація найбільшого відхилення величини виробничих потужностей у кожному з підперіодів у підрозділах організації; мінімізація сумарного відхилення використання виробничих потужностей у кожному з підперіодів від середнього обсягу робіт, що припадають на один підперіод.

2.3. Складання оптимального календарного плану використання парку будівельних машин.

Одним із основних завдань, яке доводиться вирішувати будівельній організації при використанні свого парку машин, є складання календарного плану його експлуатації. Це завдання є складовою частиною всієї системи планування, від якості вирішення якого залежить виконання виробничої програми, а також значною мірою ефективність функціонування всієї організації.

Моделювання такої задачі проводилося з урахуванням того, що завдання повністю конкретизовані/обсяги, види, час виконання робіт, їх місцезнаходження тощо/; фонд робочого часу розрахований по кожній машині з урахуванням календарних строків придбання машин, їх списання, ремонтів і техоглядів; передбачена взаємозамінність машин і механізмів. Весь плановий період розподілений на певне число календарних підперіодів, ними можуть бути місяць, декада, п'ятиденка тощо. Прийемо такі позначення величин: G_{jkt} - обсяг k -го виду робіт на j -му об'єкті в період t ; d_{ij} - відстань доставки i -ї машини до j -го об'єкта, км; a_{ijkt} - продуктивність i -ї машини при виконанні j -го виду роботи на j -му об'єкті в період t ; A_{it} - фонд робочого часу i -ї машини в період t , машино-змін; C_i - вартість однієї машино-зміни i -ї машини без урахування одноразових витрат, крб.; β_i - вартість перевезення машини чи механізму на відстань в 1 км, крб.; α_i - вартість монтажно-демонтажних робіт по i -ї машині, крб.; $t_{ij}^{(1)}$ - час доставки i -ї машини на j -й об'єкт, машино-зміни; $t_{ij}^{(2)}$ - тривалість монтажно-демонтажних робіт по i -ї машині, машино-змін; X_{ijkt} - обсяг робіт k -го виду, які виконуються i -ю машиною на j -му об'єкті в період t . За критерія оптимізації беруть сумарні приведені витрати на виконання планового завдання. В наших позначеннях це означає, що потрібно визначити величини X_{ijkt} , які мінімізують сумарні приведені затрати:

$$Z = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_t \left\{ \frac{C_i}{a_{ijkt}} X_{ijkt} + (d_{ij}\beta_i + \alpha_i) Y_{ijkt} \right\} \rightarrow \min (1)$$

При цьому:

1/ планові завдання повинні бути виконані повністю і у визначений строк:

$$\sum_{t=1}^m x_{ijkt} = Q_{jkt}, j=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,\kappa; t=1,2,\dots,T; \quad (2)$$

2/ потреба часу на виконання робіт не повинна перевищувати наявного фонду робочого часу машин і механізмів у кожному з періодів:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{\kappa} \left[\frac{x_{ijkt}}{a_{ijkt}} + (t_{ij}^{(1)} + t_{ij}^{(2)}) y_{ijkt} \right] \leq A_{it}, i=1,2,\dots,m, t=1,2,\dots,T \quad (3)$$

3/ у приведені витрати включають одноразові витрати, які мають місце при виконанні ненульового обсягу роботи:

$$y_{ijkt} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x_{ijkt} = 0; \\ 1, & \text{якщо } x_{ijkt} \neq 0; \end{cases} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots,m; \\ j=1,2,\dots,n; \\ k=1,2,\dots,\kappa; \\ t=1,2,\dots,T; \end{matrix} \quad (4)$$

$$x_{ijkt} \geq 0; \quad t=1,2,\dots,T; \quad (5)$$

Розв'язування описаної вище частково цілочислової задачі може бути здійснене запропонованим наближеним методом, суть якого полягає в наступному.

Задача / 1 / - / 5 / у двоіндексній постановці у загальному вигляді буде такою:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij}(x_{ij}) \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = B_j, \quad j=1,2,\dots,n; \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq A_i, \quad i=1,2,\dots,m; \quad (8)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; \quad (9)$$

$$D_{ij} = \min \{ A_i, B_j \}$$

Нехай $x_{ij}, y_{ij}, i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$ - оптимальний план задачі / 1 / - / 5 /, тоді $x_{ij} \leq D_{ij}, y_{ij}$. На основі цієї залежності, відкинувши умову цілочисловості, можна виразити y_{ij} через x_{ij} . Таким чином цільова функція / 1 / приймає вигляд:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij} x_{ij} + E_{ij} \frac{x_{ij}}{D_{ij}}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij} + \frac{E_{ij}}{D_{ij}}) x_{ij} \quad (10)$$

Серед x_{ij} знайдуться такі, що $x_{ij} = D_{ij}$. Для них коефіцієнти у цільовій функції / I / розраховані вірно, а для тих x_{ij} , які задовільняють нерівність $x_{ij} < D_{ij}$, ці коефіцієнти занижені:

$$c_{ij} + \frac{E_{ij}}{D_{ij}} < c_{ij} + \frac{E_{ij}}{x_{ij}} \quad (11)$$

У цільовій функції / 6 / $f_{ij}(x_{ij})$ має вигляд:

$$f_{ij}(x_{ij}) = \begin{cases} c_{ij} x_{ij} + E_{ij}, & \text{при } x_{ij} > 0; i=1, \dots, m; \\ 0, & \text{при } x_{ij} = 0; j=1, \dots, n; \end{cases} \quad (12)$$

Уведенням додаткових змінних y_{ij} задача / I /- / 5 / може бути зведена до такої частково цілочислової задачі:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij} x_{ij} + E_{ij} y_{ij}) \rightarrow \min; \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = B_j, \quad j=1, 2, \dots, n; \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = A_i, \quad i=1, 2, \dots, m; \quad (15)$$

$$x_{ij} \leq D_{ij} y_{ij}; \quad y_{ij} = \begin{cases} 0; \\ 1; \end{cases} \quad x_{ij} \geq 0 \quad (16)$$

$$D_{ij} = \min \{ A_i, B_j \}, \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n.$$

Для наближення розв'язку задачі / 7 /- / 10 / до розв'язку задачі / I /- / 5 / перераховуємо коефіцієнти в цільовій функції, для яких має місце умова / II /, тобто нові коефіцієнти визначаються за формулою:

$$C_{ij}^{(1)} = C_{ij}^{(0)} + \frac{E_{ij}}{x_{ij}^{(0)}}, \quad C_{ij}^{(1)} = C_{ij}^{(0)}, \quad \text{при } x_{ij} = 0 \quad (17)$$

Розв'язуємо задачу / 7 /- / 10 / з коефіцієнтами C_{ij} у цільовій функції / II /, визначеними за формулою / 17 /. Виділимо індекси $i \in R_2$ і $j \in P_2$, для яких виконується рівність $x_{ij}^{(0)} = x_{ij}^{(1)}$, причому тільки для $x_{ij} > 0$. Для $x_{ij}^{(2)}$, які

задовільняють цю залежність, $C_{ij}^{(1)}$ підраховані правильно, хоч і занижені порівняно з $C_{ij}^{(0)}$. Те, що при таких умовах $x_{ij}^{(1)}$ знову входить у новий оптимальний план, дає підстави включити його в остаточний наближений план задачі / I /- / 5 /.

Після цього знаходимо величини $x^{(2)} = \{x_{ij}^{(2)}\}$, які надають мінімального значення цільовій функції

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}^{(2)} x_{ij} \rightarrow \min \quad (18)$$

де $C_{ij}^{(2)}$ вираховується аналогічно $C_{ij}^{(1)}$ з рівності / I7 /, у якій замість $x_{ij}^{(0)}$ взято $x_{ij}^{(1)}$;

При цьому виконуються умови:

$$\sum_{i \in M_2^{(2)}} x_{ij} = B_j^{(2)}, \quad j \in M_1^{(2)} \quad (19)$$

$$\sum_{j \in M_2^{(2)}} x_{ij} \leq A_i^{(2)}, \quad i \in M_2^{(2)} \quad (20)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (21)$$

де $M_2^{(2)}$ - множина індексів j , для яких $B_j^{(2)} \neq 0$; $M_1^{(2)}$ - множина індексів i , для яких $A_i^{(2)} \neq 0$, а $A_i^{(2)}$ і $B_j^{(2)}$ вираховуємо таким чином:

$$A_i^{(2)} = A_i^{(1)} - \sum_{i \in R_2} x_{ij}^{(1)}, \quad A_i^{(1)} = A_i; \quad (22)$$

$$B_j^{(2)} = B_j^{(1)} - \sum_{j \in R_2} x_{ij}^{(1)}, \quad B_j^{(1)} = B_j; \quad (23)$$

Розмірність задачі / I8 /- / 21 / менша за розмірність задачі / 7 /- / 10 /, бо відкидаються з наступних розрахунків ті обмеження, у яких $A_i^{(2)}$ і $B_j^{(2)}$ стали дорівнювати нулю. Так виглядає один крок ітераційного процесу. Аналогічно проводяться розрахунки і на наступних кроках ітерації. На $k+1$ кроці ітерації обчислення проводяться у такий же спосіб. Економіко-математична модель для $k+1$ кроку має вигляд:

$$Z = \sum_{i \in M_2^{(k+1)}} \sum_{j \in M_1^{(k+1)}} C_{ij}^{(k+1)} x_{ij} \rightarrow \min \quad (24)$$

$$\sum_{j \in M_z^{(k+1)}} x_{ij} = B_j^{(k+1)}, \quad j \in M_z^{(k+1)} \quad (25)$$

$$\sum_{j \in M_z^{(k+1)}} x_{ij} \leq A_i^{(k+1)}, \quad i \in M_z^{(k+1)} \quad (26)$$

$$x_{ij} \geq 0; \quad i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2,\dots,n \quad (27)$$

Формули обчислення $A_i^{(k+1)}$ і $B_j^{(k+1)}$:

$$A_i^{(k+1)} = A_i^{(k)} - \sum_{j \in P^{(k+1)}} x_{ij}^{(k)} \quad (28)$$

$$B_j^{(k+1)} = B_j^{(k)} - \sum_{i \in R^{(k+1)}} x_{ij}^{(k)} \quad (29)$$

де $M_z^{(k+1)}$ - множина індексів j , для яких $B_j^{(k+1)} \neq 0$; $M_z^{(k+1)}$ - множина індексів i , для яких $A_i^{(k+1)} \neq 0$; $R^{(k+1)}$ і $P^{(k+1)}$ - множини індексів відповідно i і j , для яких виконується рівність $x_{ij}^{(k-1)} = x_{ij}^{(k)}$; $C_{ij}^{(k-1)}$ - коефіцієнти матриці вартостей, які обчислюються за формулою / 17 /, замінивши в ній $x_{ij}^{(k)}$ на $x_{ij}^{(k-1)}$. До остаточного розв'язку на кожному кроці ітераційного процесу відбираються ті $x_{ij}^{(k)}$, для яких має місце рівність $x_{ij}^{(k-1)} = x_{ij}^{(k)}$, тобто при $k = 1, 2, \dots, K$.

Проведена значна кількість експериментальних досліджень, які підтвердили високу ефективність запропонованого методу.

2.4. Формування оптимальної структури парку будівельних машин.

Успішне виконання будівельних робіт потребує парку машин раціональної структури, яка відповідає структурі робіт. Формування структури парку машин повинно відбуватися у відповідності до характеристик, запланованих до виконання робіт /структури, строки виконання та умови виконання робіт, розміщення будівельних об'єктів/. Проте така інформація існує для робіт планового періоду, а при складанні обґрунтованих замовлень на зоповнення парку машин необхідно враховувати характеристики робіт на перспективу, бо за короткий строк не можна істотно змінити структуру машинного парку. Реальним є прогнозування характеристики робіт на п'ять років. Для того можна використовувати доступні методи аналізу виробничої

діяльності будівельної організації і контингенту потенційних замовників.

Певний тип машин може виконувати кілька видів будівельних робіт, але з різною ефективністю. До того ж різні типи машин потребують неоднакових капітальних, експлуатаційних витрат тощо. З цього виходить, що при комплектації парку машин потрібно прагнути до такого його кількісного і якісного складу, який забезпечив би виконання завдань з найбільшою економічною ефективністю.

Визначивши структуру робіт на потрібну перспективу і врахувавши можливості придбання будівельних машин можна побудувати економіко-математичну модель задачі визначення оптимальної структури парку будівельних машин, яка матиме вигляд задачі / I /- / 5 /, у якій величини A_{ik} - можливості виконання роботи певним типом машин, а Q_{jk} - обсяги прогнозованих робіт. Скориставшись запропонованим вище методом розв'язку задачі транспортного типу з фіксованими доплатами, отримаємо оптимальний, а не наближений розв'язок задачі, бо в даному випадку виконуватиметься умова

$$\sum_{i=1}^s \sum_{k=1}^m A_{ik}^s > \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m Q_{jk}, \quad i=1, 2, \dots, m.$$

Якщо існує обмеження на можливість придбання певного типу машин, то це можна врахувати у даній нерівності. У такому випадку доцільно все ж таки розв'язати задачу без врахування таких обмежень, а після цього з їх врахуванням. Це дасть важливу інформацію для економічного аналізу.

2.5. Розрахунок календарного плану використання потужностей будівельної організації при спорудженні комплексу об'єктів.

Характер будівельного виробництва потребує узгодження і координації всього будівельного процесу. В загальних рисах суть календарного планування раціонального використання виробничих ресурсів при виконанні будівельних робіт полягає в наступному.

Нехай задано відповідну кількість будівельних об'єктів із певним складом будівельно-монтажних робіт, технологічна

послідовність виконання яких характеризується відповідним графом. Кількісний склад k -ої виробничої ланки/бригада, виконавець, машина чи механізм/ позначимо величиною M_k . Для кожної вітки технологічного графу (i,j) , яка однозначно відповідає певній роботі, задано обсяг цієї роботи V_{ij} . Продуктивність k -го виконавця на виконанні роботи (i,j) становить P_{kij} ; $k = 1, 2, \dots, K$; $(i,j) \in R$, вартість виконання одиниці роботи (i,j) k -им виконавцем рівна C_{kij} . Усереднена відстань до L -го об'єкту рівна d_L , витрати на доставку виконавця на об'єкт /транспортування на віддаль l км/, рівні t_k , фіксовані доплати, строки початку і закінчення будівництва L -го об'єкту T_L^0 і T_L^k визначаються заздалегідь. Шуканий календарний план повинен забезпечити виконання наведених обмежень і забезпечити мінімальні витрати на виконання всього комплексу робіт.

Пропонується алгоритм відшукування розв'язку даної задачі, який базується на імітаційному моделюванні закріплення виконавців за роботами. На кожному етапі процесу пошуку оптимального плану вирішується відповідна оптимізаційна задача. Нею може бути описана вище задача транспортного типу з фіксованими доплатами. Суть алгоритму полягає в тому, що для кожного етапу процесу пошуку розв'язку визначається фронт робіт і наявні виконавці. Розв'язавши оптимізаційну задачу, знаходять оптимальне закріплення виконавців за роботами. Критерієм при цьому служить величина сумарних витрат на виконання будівельних робіт. Елементи матриці приведених витрат P_{ijk} визначаються таким чином:

$$P_{ijk} = \frac{C_{kij}V_{ij} + t_k d_L + M_k}{V_{ij}}, \quad (i,j) \in R$$

Якщо кількість робіт не відповідає кількості вільних виконавців, додатково вводиться фіктивний виконавець або робота. Визначений на кожному відтинку часу τ розподіл виконавців за роботами залишається незмінним. Цей відтинку часу, тобто його тривалість визначається з формули:

$$\min \left\{ \frac{V_{ij}}{P_{kij}} \right\} = \tau_\tau$$

Обсяг робіт, за якими закріплені виконавці, зменшений на величину, яка відповідає обсягу роботи, виконаної відповідним виконавцем за час ΣT . На наступному етапі розв'язується нова задача оптимального закріплення виконавців за роботами, яка враховує новий фронт робіт. Можна передбачити перерозподіл виконавців, які не завершили своєї роботи.

Такий ітераційний процес поетапного розподілу виконавців за роботами триває доти, поки не буде переглянуто всі роботи комплексу, відображені графом. На основі розрахунків тривалостей виконання робіт закріпленими виконавцями, визначаються строки початку і закінчення робіт, резерви часу для цих робіт, коефіцієнти напруженості. Знайдений сумарний час виконання робіт критичного шляху $T_{кр}$ порівнюють з директивним строком завершення робіт на об'єкті T_d . Виконання умови $T_{кр} \leq T_d$ дає змогу зробити висновок, що знайдений календарний план виконання робіт на всіх об'єктах, які взяті до розгляду, наявними виробничими ресурсами є оптимальним щодо величини сумарних витрат. Якщо ж директивний строк не виконується, необхідно перевірити, чи закріплені за роботами критичного шляху виконавці максимальної потужності. Якщо це так, то виконання будівництва при наявних виробничих ресурсах у зазначений строк неможливе, тобто поставлена задача не має розв'язку. Коли ж є можливість закріплення за роботами критичного шляху більш продуктивних виконавців, $T_{кр}$ буде зменшене, але за рахунок збільшення вартості будівництва.

Запропонований підхід дає змогу не тільки розраховувати календарний план будівництва об'єкта перед його фактичним будівництвом, але й оперативно коректувати календарний план у процесі його реалізації при зміні виробничих умов чи можливостей.

Розглянутий алгоритм може бути з успіхом використаний для розрахунку оптимального складу виконавців на будівництво прийнятого об'єкту. Тут пропонується два підходи. Перший з них полягає в тому, що вибирається кожного виду виконавців стільки, аби вони забезпечили виконання всього набору робіт. Даний алгоритм дає змогу розрахувати календарний план, з якого виключаються виконавці з недостатньою інтенсивністю

їх використання. Після кожного такого скорочення виконавців необхідно знову розраховувати оптимальний календарний план. Так триває доти, поки не будуть підібрані виконавці з допустимим інтенсивністю завантаження. Другий підхід до формування оптимального складу виконавців полягає в тому, що складається множина наборів виконавців і для кожного такого набору застосовується наведений алгоритм розрахунку оптимального календарного плану будівництва даного об'єкта. Для якого набору виконавців будівництво є найдешевшим, то цей набір і буде оптимальним.

2.6. Оптимізація виробничої програми домобудівного комбінату.

Процес формування річної виробничої програми домобудівного комбінату/ДБК/ полягає в погодженні виробничих потужностей заводу по випуску елементів і конструкцій крупнопанельного домобудування і монтажних потоків з народногосподарськов потребам в готовій продукції - будинках.

Організаційно-структурна форма ДБК передбачає виготовлення конструктивних елементів будинку цехами або заводами, які входять до його складу. Монтаж будинків здійснюється підрозділами, які також входять до складу ДБК. Функціонування всіх підрозділів має бути повністю узгоджене. Складання річної програми ДБК підпорядковується вимогам повного і рівномірного використання його виробничих потужностей при високих показниках ефективності виробничої й господарської діяльності. З одного боку, це вимагає скорочення кількості типів будинків, номенклатури виробів, а з іншого - соціальні й інші фактори вимагають їх урізноманітнення. Узгодження цих двох напрямків передбачає: 1/ формування виробничої програми ДБК; 2/ вибір найобґрунтованіших варіантів роботи монтажних потоків; 3/ оптимізацію роботи конвеєрних ліній по випуску виробів; 4/ визначення оптимальних розмірів запасів на складах готової продукції; 5/ оптимізацію роботи підготовчих і допоміжних підрозділів ДБК.

Існуюча система планування не забезпечує достатньої свободи вибору типів будинків. Але необхідну різноманітність типів будинків у певній мірі можна забезпечити завдяки різному допустимому поєднанні типів секцій, які змінюються з

точки зору частоти входження виробів у типову секцію. Цей показник є визначальним при подачі замовлень на виготовлення виробів, для ритмічності роботи і завантаження технологічних ліній заводу по виготовленню виробів. По можливості із наявних типів будинків необхідно вибрати такі, які б з типових секцій забезпечили найменшу кількість змін номенклатури виробів. А це в свою чергу дало б змогу мінімізувати кількість переналадок на технологічних лініях ще на стадії формування річної програми ДБК.

Практичне обчислення оцінки подібності секцій між собою здійснювалося за формулою:

$$E_{\eta} = \sum_{i=1}^m e_i \sum_{k=1}^{\lambda_{i\eta}} d_{ik}^k$$

де e_i - коефіцієнт зведення i -го виробу до одного показника співрозмірності; E_{η} - оцінка подібності η -ої секції до решти секцій у розумінні частоти входження в їх склад виробів; $\lambda_{i\eta}$ - кількість виробів i -го виду, які належать η -ї секції; d_{ik}^k - кількість секцій, до яких входить i -й виріб k -го виду η -ї секції. За чисельним значенням оцінки E_{η} можна певною мірою визначити подібність η -ї секції до двох інших секцій. Чим вища оцінка, тим вищу перевагу має секція при формуванні типу будинку. Одиниці виміру величин E_{η} і e_i збігаються. Аналогічно можна оцінювати і подібність різних типів будинків.

Загальна схема розв'язання задачі формування виробничої програми ДБК має такий вигляд. Застосовуючи методи лінійного програмування, знаходимо допустимий варіант річної програми, узгоджений з можливостями технологічних ліній і монтажних потоків, тобто розподіл визначених типів будинків за монтажними потоками. Це робиться тільки для того, щоб визначити набір завдань у річну програму ДБК. Знайдений набір будинків потрібно розподілити за монтажними потоками так, щоб одержати мінімальну зміну виробів протягом усього планового періоду. Розв'язком цієї оптимізаційної задачі є набір величин, які визначають потік і підперіод будівництва кожного будинку, забезпечуючи при цьому мінімальну кількість змін виробів. За цим розв'язком можна легко визначити план використання виробів на монтажних потоках, які з урахуванням часів виробів

на складах визначають план випуску виробів на технологічних лініях. Кількість змін виробів не відображає повністю величину "збурень" у роботі технологічних ліній. Різні вироби не однаково впливають на переналадки технологічного обладнання. Мірилом тут можуть бути кількість потрібних формовок, кількість матеріалу, який витрачається на вироби тощо. Але кращий результат досягається при вартісному її вираженні.

Підтримання постійного рівня інтенсивності використання виробів на монтаж - не єдина мета при розподілі будинків за потоками. Важливо забезпечити також рівномірність задачі житлової площі при виконанні річної програми. Якщо річна програма ресурсно забезпечена, то рівномірне спорудження житла потребує рівномірного використання виробничих потужностей, ресурсів ДБК, технологічних ліній, монтажних потоків, дотримання календарних строків/по можливості/ спорудження будинків.

Тут також пропонується алгоритм побудови плану спорудження комплексу будинків, який забезпечує рівномірну задачу житлової площі. Суть його полягає у розв'язанні оптимізаційної задачі в ітераційному процесі, на кожному етапі якого зменшується інтервал відхилення від прийнятого рівня задачі житлової площі.

Оптимізаційна задача розв'язується по критерію величини ефективності закріплення будівництва будинків за монтажними потоками. Обмеженнями виступають: план спорудження будинків, обов'язковість задачі будинку у кожному з підперіодів, спорудження лише одного будинку на потоці в одному підперіоді.

2.7. Оптимізація оперативного управління випуском виробів у великопанельному домобудуванні.

Виробнича діяльність ДБК пов'язана з постійною зміною номенклатури своєї продукції і внаслідок цього з введенням у виробництво одних і вилученням з нього інших елементів і конструкцій. Зміна номенклатури і обсягів продукції безпосередньо впливає на роботу технологічних ліній формувального, арматурного й інших виробничих підрозділів.

З досвіду великопанельного домобудування відомо, що зміна типових проєктів житлових будинків відбувається з ін-

тервалом приблизно у десять років. Але така зміна відбувається поступово, з освоєнням нових серій будинків.

Найпрогресивнішою з технологічних схем є конвейерна технологія, яка забезпечує розчленування операцій на спеціалізовані пости, створює умови механізації й автоматизації, дає змогу раціональніше використовувати устаткування і виробничі площі, забезпечувати ефективну організацію праці.

При переході від випуску виробу одного виду до іншого може виникнути необхідність переналадки технологічного обладнання. Така операція здійснюється на окремих спеціальних постах, організація роботи яких дає можливість підготувати відповідне обладнання для випуску нового виду виробів без порушення ритму виробничого процесу.

Виходячи з плану спорудження будинків, складається календарний графік використання будівельних виробів. Виходячи з наявних запасів виробів на складах заводу і на приоб'єктних складах, розраховується проект плану випуску виробів, який порівнюється з фактичною виробничою потужністю формовочного виробництва. При невідповідності плану використання виробів виробничій потужності технологічних ліній потрібно збільшити такі потужності або скоректувати календарні строки зведення будинків.

На основі прогнозу фактичної інтенсивності й технологічних умов випуску виробів, рівня страхових і регулюючих їх запасів визначається час переналагодження або заміни форм на технологічних лініях.

Пропонується оптимізація роботи технологічних ліній у відповідності до потреб будівельних виробів. Суть його полягає в наступному. Вибір оптимальних способів розташування виробів у відповідних формах здійснюється при допомозі математичної моделі, критерієм якої є величина сумарних витрат, пов'язаних з використанням способів розташування виробів у формах.

Малчи оптимальний набір способів розташування виробів у формах, визначаємо кількість обертів відповідної форми з розташування виробів у ній. Закріплення форм за технологічними лініями також здійснюється на основі математичної моделі. Слід зауважити, що у даному випадку обґрунтовується план випуску виробів наявними виробничими потужностями технологіч-

них ліній, яка визначається сумарною кількістю форм, розташованих на технологічних лініях.

Для ДБК середньої потужності типу Львівського ОББО "Львівміськсуд" були враховані особливості організації виробничого процесу, які полягають в тому, що на ДБК-І є дві групи станів, кожний з яких має три яруси. На першому ярусі відбувається формовка, розпалубка, знімання виробів і деякі види переналагоджень форм. Цей ярус поміщає 9-12 форм. Другий і третій яруси забезпечують термообробку виробів. На них міститься по 12 форм. Один з цих ярусів може працювати у прискореному режимі. Допускається, що час термообробки не залежить від розкладки форм і для всіх є однаковим.

Вважається, що переміщення форми з одного формо-місця на інше відбувається миттєво. Якщо припустити, що на трьох ярусах стана розміщено 36 форм, а за одну зміну/8 годин/ обробляється 10 форм, то повний оберт стан робить за 28,8 годин. Плановий період розділяється на три підперіоди, рівних третій частині повного оберту стану, тобто 9,6 години.

Таке врахування конкретних умов організації виробництва дало змогу розрахувати варіант організації роботи технологічної лінії, який враховує економічні інтереси всього будівельного комплексу, оптимізує оперативне управління виробничим процесом.

3. Теоретичні основи управління реалізацією складних будівельних проектів

Дослідження по вирішенні даної проблеми направлені на створення нових ефективних методів організації і управління реалізацією складних будівельних об'єктів.

Розроблені теоретичні основи не обов'язково повинні мати відношення до будівельного виробництва. Їх суть полягає в принципово новому представленні реалізації складних проектів, яке дозволяє алгоритмізувати управління цією реалізацією, застосовуючи метод математичного моделювання для вивчення різноманітних аспектів процесу управління і процесу створення об'єктів. Координатне представлення елементів об'єкту, який створюється, дає змогу описати розміщення елемента в

в об'єкті, описати послідовність створення об'єкту, задавати технологічні умови і вимоги, які при цьому мають місце.

Алгоритмізація управління реалізацією складного проекту уможливило проведення аналізу цього процесу методами математичного моделювання, створив можливість розроблення різноманітних варіантів реалізації проекту, а також моделювати і оптимізувати управлінські рішення для прогнозованих і реальних варіантів реалізації проектів.

Теоретичні основи реалізації складного проекту були використані для управління спорудженням великопанельного житлового будинку. Вони відкрили можливість створення методики моделювання плану монтажу житлового будинку на стадії проектування, на стадії монтажу в реальних умовах, при умові виникнення дефіциту певних елементів.

Концептуальна модель імітації процесу реалізації складного проекту складається з таких основних блоків:

3.1. Особливості моделювання плану монтажу великопанельного житлового будинку.

Формування плану монтажу будинку повинно відобразити в першу чергу технологічні особливості і умови техніки безпеки. Вироби, що складають певну блок-секцію Z , яка входить у формулу будинку, позначаються множиною $C_{z} = \{g_{zj}\}$, а для поверх-секції Q цієї ж блок-секції позначаються множиною $C_{zj}^2 = \{g_{zj}^2\}$, $j = 1, 2, \dots, S_{zj}$. Нанесявши монтажні схеми для вертикальних і горизонтальних виробів на прямокутну систему координат, можна вироб g_{zj}^2 задати координатами вузлів, у які входить його початок x_{ij}^n, y_{ij}^n і кінець x_{ij}^k, y_{ij}^k . Варіант монтажу, визначений параметром L_z^2 , задає варіант найменувань осей схем монтажу поверхів. Зони роботи баштового крана розділяють поверх-секцію на захватки, вироби яких утворюють множини B_1^i і B_2^i . Нерівність $x_{ij}^n \neq [L_z^2]$ накладає умову на координати початку цих виробів, які розділені на захватки, n - число вертикальних осей схеми, які належать певній поверх-секції. Допустимий перепад змонтованих поверх-секцій сусідніх секцій визначається параметром $d_{z, z+1}^2$. Монтуватися вироби можуть послідовно, виступами і комітками. Послідовний тип монтажу дозволяє встановлювати вироби кожної групи послідовно від молодшої до старшої вер-

тикальної осі.

Монтаж виробів виступами передбачає віддалення змонтованих виробів на нижній поверх секції порівняно з змонтованими виробами доної секції на один виступ, довжина якого наперед задана. Внутрі виступу монтаж виробів здійснюється послідовно.

Монтаж виробів комірками полягає в тому, що захватка розділяється на зони, обмежені замкнутим контуром стічних панелей. Внутрі комірки монтаж виробів здійснюється послідовно. Розгляд комірок здійснюється у порядку їх нумерації, починаючи від точки відліку на схемі поверху.

3.2. Моделювання монтажу поверх-секції.

При послідовному типі монтажу для кожного виробу $V_j \in B^k$ моделюється включення його в початковий U_j^0 і кінцевий U_j^1 вузли. Для отримання ознаки дозволу монтажу цього виробу $\alpha_j^0 = 0$ в його кінцях, моделюється отримання ознаки $\alpha_j^1 = 0$ відсутності невстановлених під ним інших виробів. При цьому для конструктивних груп $1 \leq k \leq K_0$ враховується специфіка встановлення вертикальних виробів, а при $k > K_0$ - специфіка встановлення горизонтальних виробів.

3.3. Аналіз монтажу горизонтальних виробів.

Виріб V_{j3} / j - номер незмонтованого горизонтального виробу, який прилягає до змонтованого горизонтального виробу /здійснюється шляхом перевірки ознаки $\alpha_j^0 = 0$ невстановленості вертикального виробу $V_j \in B^k$, який знаходиться під ним. При наявності такої ознаки виробляється ознака $\alpha_{j3}^1 = 1$, яка забороняє монтаж виробу V_{j3} .

3.4. Аналіз вузла.

Моделювання монтажу вертикального виробу W_{kx} / ν - номер виробу, кінець якого лежить на осі X / здійснюється шляхом аналізу вузлів, до яких цей виріб належить. Вузол U_{x_i, y_i} з координатами x_i, y_i - це множина виробів $U_{x_i, y_i, s} / s = 1, 2, \dots, \nu_{x_i, y_i}$ / кінець чи початок має ті ж координати і однакову ознаку типу вузла α_s^1 . Вироби U_{x_i, y_i} упорядковані відповідно до їх пріоритету за групою монтажу, конструктивних груп, ознакою особливих умов монтажу α_s^1 і їм присвоюють-

ся порядковий номер $d_s^k = 1, 2, \dots, \delta_{x_j, y_i}$. Формується матриця $A = \{a_{ss}\}$ розмірності $\delta_{x_j, y_i} \cdot \delta_{x_j, y_i}$ елементи якої відповідають характеристикам вузла певного типу. З матриці A вибирається рядок $S = S_0$, номер якого співпадає з номером d_s^k виробу $U(x_j, y_i) = U_{kxj}$. При почерговому аналізі елементів цього рядка, визначається технологічна можливість їх монтажу та технологічна взаємозалежність. Тільки у випадку аналізу всіх елементів рядка S_0 і відсутності значення ознаки $d_s^k = 0$, присвоюється значення $d^k = -1$, що означає дозвіл монтажу виробу U_{kxj} .

3.5. Аналіз вузла з одним вихідним виробом.

Аналіз можливості монтажу виробу U_{kxj} , який входить у вузол з координатами x_j, y_i одним своїм кінцем, полягає у визначенні закріпленості в обох кінцях виробу $V_j' \in B^+$, що до цього вузла прилягає.

3.6. Моделювання монтажу горизонтальних виробів.

Із всіх виробів поверх-секції $V_j' \in B^+$ в окрему множину $H_j' = \{h_{jg}\}$ виділяються всі горизонтальні вироби. Серед них шукається виріб з ознакою першочергового монтажу d_{jg}^{13} , що дорівнює одиниці і перевіряється можливість його монтажу, якщо виріб ще не змонтований. Аналіз можливості його монтажу здійснюється вибором всіх вертикальних виробів, які розміщені під ним, і перевіркою їх змонтованості. Якщо серед них знайдеться хоча б один не змонтований, а кількість їх визначається величиною L_{jg}^{12} , то монтаж даного горизонтального виробу не дозволяється. У випадку наявності такого дозволу, проставляється його порядковий номер у черзі монтажу і ознака змонтованості $d_{jg}^4 = 1$, а також збільшується рахунок змонтованих виробів. Якщо серед елементів $h_{jg} \in H_j'$ не існує такого, для якого $d_{jg}^{13} = 1$. або вже змонтоване, здійснюється пошук решти незмонтованих горизонтальних виробів і аналогічний аналіз. Для цього серед виробів множини H_j' вибирається перший з них змонтований h_{jg} . Формується множина $V_g = \{V_{g5}\}$ з незмонтованих виробів $h_{jg} \in H_j'$, для яких співпадання координат рівне трьом $d_{jg}^{13} = 3$. Множина V_g складається з виробів V_{g5} , які межують з виробом h_{jg} . Якщо число цих незмонтованих виробів L_{g5}^{12} більше від нуля, визначається дов-

жина \mathcal{L}_{β}^5 спільної межі виробів $V_{\beta} \in V_{\beta}$ з виробом h_{β} .

3.7. Аналіз можливості монтажу вертикальних виробів.

Визначення можливості монтажу вертикальних виробів здійснюється шляхом визначення, чи всі горизонтальні вироби $h_{\eta}, \beta \in H_{\eta}$, які знаходяться під ним, прилягають до нього. Для цього з множини виробів попередньої поверх-секції $C_{\beta}^2, \eta-1$ виділяється множина горизонтальних виробів $H_{\eta-1} = \{h_{\eta-1}, \beta\}$. Перевіряється виконання умови $\mathcal{L}_{\beta} = 1$. Якщо умова не виконується, перевіряється його відношення до виробу W_{kxv} , після чого виробляється ознака дозволу чи заборони виробу, що аналізується.

3.8. Моделювання монтажу вертикальних виробів.

Монтаж вертикального виробу W_{kxv} не буде можливим, коли не встановлений виріб горизонтальний, який знаходиться під ним. Для цього здійснюється аналіз змонтованості горизонтальних виробів, і коли всі ці вироби встановлені, про що свідчить рівність нулю ознаки \mathcal{L}_v^4 , проводиться аналіз вузлів, які включають в себе один з кінців виробу W_{kxv} . Для цього формується множина $U_{x_i, y_i} = \{U_{x_i, y_i}\}$ виробів $\beta_j \in B$, початок або кінець яких має координати, які дорівнюють координатам x_j^0, y_j^0 початку виробу W_{kxv} .

Для монтажу виробів коколя $1/\eta = 0$ такий аналіз змонтованості горизонтальних виробів не потрібний. Кількість елементів множини δ_{x_i, y_i} визначає число виробів, які входять у відповідний вузол. При $\mathcal{L}_v^4 = 1$, монтаж виробів третьої і вище монтажних груп забороняється. Дозволяється монтаж виробів першої і другої груп монтажу. Якщо $\mathcal{L}_v^4 = 2$, дозволяється монтаж виробу незалежно від групи монтажу. Провіряється також тип вузла, до якого належить виріб W_{kxv} . Якщо це вузли сьомого і восьмого, чи десятого і одинадцятого типу, то разом з монтажем виробу W_{kxv} монтується виріб першої монтажної групи вузлів U_{x_i, y_i}^2 і U_{x_i, y_i}^1 . Аналогічно приймається рішення, якщо виріб W_{kxv} належить одночасно до вузлів десятого і одинадцятого типів.

3.9. Моделювання монтажу виробів комірками.

Спочатку формуються комірки з виробів B_j множини B^1 , яка містить тільки вироби першої і другої конструктивної групи, тобто з множини B^3 . А серед них вибираються ті, які утворюють контур захватки і комірки.

З множини виробів захватки B^3 вибирається перше першої або другої конструктивної групи. Початок і кінець цього виробу визначають вузли $U_{x_i y_i}$ з координатами x_i^1, y_i^1 і $U_{x_i^2 y_i^2}$ з координатами x_i^2, y_i^2 . В цих вузлах цьому виробу присвоюється перший номер, тобто у першому вузлі воно стане першим виробом $U_{x_i^1 y_i^1}^1$, а у другому вузлі відповідно $U_{x_i^2 y_i^2}^1$. У зв'язку з цим, що вироби у B^3 упорядковані по зростанню координат кінців, першим вузлом або початком виробу рахується той, у якого перша координата менша. Якщо ж вони рівні в обох кінцях - в якого менша друга координата. Після цього формуються вузли $U_{x_i^1 y_i^1}$ і $U_{x_i^2 y_i^2}$.

При виявленні вузла, в якому міняється напрям контуру, цей вузол буде належати до крайніх точок. Крайніми точками у даному випадку називаються кутові вузли, які визначають контур множини виробів захватки чи комірки. Пошуки крайніх точок проводиться до замикання контуру.

Елементи множини крайніх точок C^0 упорядковуються по зростанню їх координат x_j, y_i . Визначається множина $C_{h_2}^0 = C^0$ і вибирається два перших елементи $C_{h_2}^0$ і $C_{h_2}^0$, які належать множині $C_{h_2}^0$. Координати їх позначимо відповідно $x_j^{C_{h_2}^0}$ і $y_i^{C_{h_2}^0}$ і $x_{j'}^{C_{h_2}^0}$ і $y_{i'}^{C_{h_2}^0}$. Долучаються крайні точки $C_{h_2}^0$ і $C_{h_2}^0$ до множини крайніх точок Z - і комірки $C^2 = \{C_{h_2}^0\}$. Формується вузол $U_{x_j^2 y_i^2}^2$ з координатами $x_j^2 = x_{j'}^{C_{h_2}^0}$; $y_i^2 = y_{i'}^{C_{h_2}^0}$ і цей вузол визначається як перший, тобто $U_{x_j^2 y_i^2}^2 = U_{x_j^1 y_i^1}^1$. Серед виробів даного вузла $U_{x_j^2 y_i^2}^2$ є такий, який задовільняє умови $x_{j_s}^n < x_{j_s}^k$ або $y_{i_s}^n < y_{i_s}^k$ і який стає першим у першому і другому вузлах, тобто $U_{x_j^2 y_i^2}^2$ і $U_{x_j^1 y_i^1}^1$.

Перевіряється орієнтація виробу, яка може мати один з чотирьох напрямків. Якщо виріб $U_{x_j^2 y_i^2}^2$ по одному з тих чотирьох напрямків входить в контур комірки і напрям контуру змінюється, то вузол $U_{x_j^2 y_i^2}^2$ стає елементом множини крайніх точок Z - і комірки. Перевіряється виконання умови $U_{x_j^2 y_i^2}^2 = C_{h_2}^0$ тобто чи закінчено відсікання від захватки Z - і комірки.

Множина крайніх точок C^2 розбивається на дві підмно-

жини $C^z = C^{z_1} + C^{z_2}$, де $C^{z_1} \subset C^h$ і $C^{z_2} \subset C^h$.

Множина крайніх точок захватки скорочується на знайдену множину крайніх точок Z -ої комірки C^z таким чином: $C^{h+1} = C^h - C^{z_1} + C^{z_2}$. Після цього знаходяться крайні точки наступної $Z + 1$ -ої комірки, розглядаючи вже замість C^h множину C^{h+1} .

Після формування множини крайніх точок всіх комірок, визначаються множини виробів, які належать кожній комірці E^z .

Для цього в множині C^{z_2} ^{визначається точка} $C_{z_2}^{z_2}(x_j^{max}, y_i^{min})$ координати якої вираховуються таким чином:

$$y_i^{min} = \min \{ y_i \mid C_{z_2}^{z_2}(x_j, y_i) \in C_{z_2}^{z_2} \},$$

$$x_j^{max} = \max \{ x_j \mid C_{z_2}^{z_2}(x_j, y_i^{min}) \in C_{z_2}^{z_2} \}.$$

З цієї множини виключається точка $C_{z_2}^{z_2}$ і всі решта, які лежать на осі y_i^{min} лівіше від неї, тобто переходимо до нової множини

$$C_{z_2}^{z_2} = C_{z_2}^{z_2} - \{ C_{z_2}^{z_2}(x_j, y_i^{min}) \}.$$

Якщо монтаж будинку здійснюється комірками, то для Z -ї комірки здійснюється присвоєння $B^z = E^z$ і описаним вище способом забезпечується монтаж поверх-секції. Якщо ж монтаж будинку здійснюється виступами і в виступ входить дві комірки $1/2$, то ці дві комірки включаються в B^z .

3.10. Формування вузла.

Модельвання вибору виробів B_j^z з множини B^z , які належать вузлу U_j, y_i здійснюється шляхом вибору виробів з цієї множини, координати початку або кінця яких співпадають з координатами x_j, y_i даного вузла. Разом з тим вираховується кількість виробів δ_{x_j, y_i} , які входять в цей вузол.

З метою покращення оперативного контролю за ходом монтажу будинку чи реалізацією іншого складного проекту завжди можна мати крім числової інформації потрібну візуальну інформацію.

4. Моделювання перевезень елементів великопанельного домобудування.

Через обмежені можливості транспортної бази виникає необхідність оптимізації формування рейсокомплексів, максимального використання специфіки транспортних засобів. Будівельні вироби, які складають один рейсокомплект, підбираються на певному складі заводу великопанельного домобудування, перевозяться тільки одним транспортним засобом і тільки на відповідний будівельний об'єкт.

Для вирішення проблеми моделювання перевезень елементів великопанельного домобудування розв'язувалися такі задачі:

- моделювання графіка доставки рейсокомплектів;
- моделювання рейсокомплекту для панелевоза;
- моделювання рейсокомплекту для площадки.

Розглянемо основні результати, отримані при вирішенні кожної з цих задач.

4.1. Моделювання графіка доставки рейсокомплектів.

З технологічної послідовності монтажу виробів $A_i = \{a_{ij}\}$ i -го об'єкта, починаючи з першого незмонтованого виробу в цій послідовності, визначеного рівнем монтажу L_i^j , визначається її частина $A_i^j = \{a_{ij}^j\}$, яка складається з виробів, що можуть бути змонтовані, виходячи з нормативного часу монтажу кожного виробу t_{ij}^j протягом двох діб /48 годин/, починаючи з 7 годин 50 хвилин ранку. За встановленими моментами початку денної і нічної пори τ_1, τ_2 першої доби і аналогічно початку денної і нічної пори наступної доби τ_3, τ_4 , монтаж виробів, який у нічну пору, виходячи з вимог техніки безпеки, неможливий, переноситься на пізнішу чергу денної пори. Момент монтажу виробів A_i^j відраховується від початку першої доби і визначається за формулою:

$$t_{ij}^j = [(470 + \bar{T} - t_{ij}^j) / 60] \cdot 208411, 470 + \bar{T} - t_{ij}^j - [(470 + \bar{T} - t_{ij}^j) / 60] \cdot 5$$

де \bar{T} - сумарний час монтажу розглянутих виробів, початкове значення якого рівне: $\bar{T} = 7 \times 60 + 50$.

Перевезенню підлягають вироби послідовності A_i^j за ви-

нятком виробів D_i^2 , розмішених на приоб'єктному смалі.

Формуються різні рейсокомплекти залежно від специфіки транспортних засобів і особливостей будівельних виробів. У даному випадку розглядалися рейсокомплекти трьох типів: панелі, плити і перегородки; добірні елементи; решта будівельних елементів.

Добірні елементи вилучаються з загального переліку і з них формуються рейсокомплекти окремо, бо вони можуть доставлятися зразу на декілька будівельних об'єктів.

Якщо за вимоги техніки безпеки монтаж виробів переноситься з нічного часу на денний, наступні виробби послідовності, монтаж яких у нічну пору дозволяється, досліджується на можливість їх монтажу в умовах дефіциту перенесених на денний час монтажу виробів.

У першу чергу з множини A_i^4 вибираються виробби A_{il}^4 , для яких ознака конструктивної групи рівна k_2 , тобто ці виробби є внутрішніми перегородками і перевозити їх можна лише на панелевозах, встановивши на стінові панелі, номер конструктивної групи яких дорівнює k_2 . Отже таким чином відібрані виробби A_{il}^4 утворюють множину рейсокомплекту $A_{i2}^4 = \{A_{il}^4\}$, маса якого не перевищує номінальної вантажопідйомності для f -го виду транспорту.

Серед виробів $A_{il}^4 = A_{i2}^4, l \in A_{i2}^4$ визначається такий, у якого максимальна довжина, тобто $d_0 = \max\{d_1, d_2, \dots, d_l\}$ після чого знову серед елементів множини A_i^4 визначається елемент A_{il}^4 , для якого $k = k_2$, тобто це є внутрішня стінова панель і довжина її $d_1 \geq d_0$. Дві таких стінових панелі долучаються до кожного рейсокомплекту перегородок A_{i2}^4 .

Єдиним обмеженням набору виробів у рейсокомплекті на даному етапі було обмеження на масу, тому після формування рейсокомплекту, де були враховані решта обмежень, могли залишитися виробби, з тієї чи іншої причини не розмішені на автотранспорті. Тому з множини A_i^4 виключаються тільки ті виробби, які навантажені на автотранспорт і відображені на схемі їх розміщення.

Після завершення розгляду всіх елементів множини A_i^4 всі можливі рейсокомплекти перегородок сформовані, а виробби незавершеного рейсокомплекту, якщо такий буде, включаються в множину A_2 на відповідне місце. Після цього продовжується

перегляд елементів $A_i^4 \in A^4$, серед яких уже немає перегородок. Ці вироби розподіляються у нові рейсокомплекти залежно від особливостей автотранспорту і виробів.

Всі рейсокомплекти є елементи множини готових рейсокомплектів, посортованих за параметрами i, j, s, f .

4.2. Моделювання рейсокомплекта для панелевоза.

Розміщення виробів на панелевозі підпорядковане наперед заданим умовам і обмеженням. Їх визначають технічні характеристики спеціалізованого автотранспорту, вимоги технології монтажу виробів і техніки безпеки перевезення будівельних виробів.

Вибравши інформацію про виріб A_i^5 , перевіряється ряд умов, невиконання будь-якої з них унеможливає розташування цього виробу в даному ряді майданчика панелевоза. У множині A^5 елементи A_i^5 упорядковані згідно моменту монтажу виробів на об'єкті, тому розвантаження виробів на об'єкті відповідає технологічній послідовності монтажу виробів.

4.3. Моделювання розташування рейсокомплекту для площадки.

Будівельні вироби $A_{i_s}^5 \in A^5$ визначають j -й рейсокомплект, знаходяться на s -му складі, призначені на перевезення f -им видом транспорту для i -го об'єкту будівництва. Їх потрібно розмістити на площадку не більше як у сім рядів, і якщо серед них є вироби k -ої конструктивної групи, вони повинні розташовуватися на верхніх рядах. Розташовувати вироби за межі майданчика можна не більше ніж на ξ . Розміри кожного верхнього ряду не можуть перевищувати попередні більше ніж на ξ . В одному ряду розташовуються вироби однієї товщини.

Аналізуючи і співставляючи характеристики будівельних виробів і умови, які накладаються на перевезення і монтаж їх, моделюється розташування цих виробів у певні ряди на площадку.

5. Управління господарської діяльності по будівництві ліній електропередачі

Важливим показником рівня розвитку народного господарства є величина питомого використання електроенергії у сфері виробництва і побуті. Продуктивність праці у сфері виробництва прямо залежить від рівня використання електроенергії. Гостра потреба у збільшенні використання електроенергії у сільському господарстві. Насиченість технології сільськогосподарського виробництва електричною енергією забезпечують значну економію трудових ресурсів. Тим і зумовлена особлива роль електромережі.

Будівництво ліній електропередачі аналогічно іншим виробництвам залежить від своєчасного і повного забезпечення відповідними виробничими ресурсами. Від обгрунтованого і своєчасного забезпечення цими ресурсами об'єктів будівництва залежить ефективність виробничої діяльності будівельних підрозділів, досягнення поставленої мети господарювання. Для цього необхідно використовувати науково обгрунтовані методики організації виробництва, методи оптимізації управлінських рішень.

Для вирішення даної проблеми були розв'язані такі завдання:

- досліджено особливості розрахунку потреби у виробничих ресурсах на будівництво ліній електропередачі;
- створено інформаційне забезпечення планових розрахунків;
- розроблено комплекс математичних моделей оптимізації матеріально-технічного постачання будівництва електричних мереж;
- розроблено і реалізовано комплекс алгоритмів визначення розрахункової вартості повітряних ліній електропередачі потужністю 110кв., 35кв., 10кв., 0,4кв., формування особистого рахунку госпрозрахункового підрозділу, обліку і аналізу експлуатації машин і механізмів, аналізу використання трудових ресурсів і участі у виконанні завдань.

5.1. Особливості розрахунку потреби у виробничих ресурсах на будівництво ліній електропередачі.

Найважливішою складовою частиною електричних мереж є лінії, які з'єднують джерела електроенергії з її споживачами. На долю капіталовкладень в сільськогосподарську електрофікацію припадає менше двох відсотків від галузевих, тому важливо використати наявні ресурси з метою максимально можливого розширення використання електроенергії. Будівництво ліній електропередачі залежить від своєчасного і повного забезпечення відповідними виробничими ресурсами, від обґрунтованого і своєчасного забезпечення цими ресурсами об'єктів будівництва. Виробничі бригади, як основні структурні елементи будівельних організацій, виконують весь комплекс технологічно пов'язаних будівельно-монтажних робіт на розсереджених об'єктах.

Специфіка процесу будівництва, умови організації виробничої діяльності при повній господарській самостійності зумовлює виділення комплексу задач, вирішення яких дає змогу науково обґрунтовано визначити потребу у виробничих ресурсах, раціонально їх використовувати.

5.2. Інформаційне забезпечення планових розрахунків.

Виробничий процес по будівництві ліній електропередачі керований через інформацію про стан цього процесу. Ефективність планування виробничого процесу, контролю виконання завдань, аналізу стану будівельно-монтажного виробництва, різні критерії і нормативи для такого аналізу прямо залежать від представленої відповідної інформації. Інформаційна база економічних розрахунків при будівництві ліній електропередачі створена у відповідності до системи управління будівельною організацією як п'ятирівнева система.

На першому рівні цієї системи по функціональному призначенню визначені підсистеми управління, у які включені задачі розрахунку потреби матеріальних і трудових ресурсів на будівництво ліній електропередачі.

Другий рівень інформаційної бази складається з структурних одиниць, якими є названі задачі. Третій рівень бази утворює вхідна і вихідна документація. Четвертий рівень утворюють масиви структурних одиниць показників і реквізитів. І

останній, п'ятий, рівень інформаційної бази визначених множиною структурних одиниць інформації - реквізитами - основами і реквізитами-признаками, їх назвами і значеннями.

Інформаційна база економічних розрахунків як ієрархія взаємозв'язаних структурних одиниць різної міри укрупнення будівельної організації представляє характеристику інформаційних зв'язків між відповідними структурними одиницями, відповідні документи і масиви по кожній з поставлених задач, реквізити і словники, ідентифікатори документів, масивів і реквізитів, клас, до якого входить реквізит-основа. Опис ідентифікаторів здійснюється у вигляді таблиць, які супроводжують інформаційні моделі.

5.3. Оптимізація матеріально-технічного постачання будівництва електричних мереж.

Потреба в матеріальних ресурсах на будівництво ліній електропередачі напругою 110кв, 35кв визначається на основі проектно-кошторисної документації. Для ліній напругою 10кв і 0,4кв на відміну від поширеного способу розрахунку потреби в ресурсах виходячи з нормативів визначених на 1 млн.крб., розроблено і використовується спосіб визначення необхідних ресурсів в залежності від типу і довжини лінії. Підсумкова потреба по всіх об'єктах визначає об'єми замовлення ресурсів.

Зворотня задача розподілу матеріалів і будівельних елементів за об'єктами будівництва є значно складнішою, бо повинні враховуватися конкретні умови будівництва і реальні поставки ресурсів, які можуть відрізнитися від замовлених, а тим більше від намічених у проектах. Ліквідувати такі розбіжності можливо, оптимізувавши взаємозаміну потрібних структурних елементів наявними. Для цього пропонується економіко-математична модель задачі оптимального підбору структурних елементів ліній електропередачі з точки зору економії дефіцитних матеріалів. Обмеженнями тут виступають лімітовані ресурси і допустимі межі технічних вимог.

Результати розв'язку цієї задачі вказують кількість структурних елементів і їх варіант виготовлення. Виходячи з цього виникає необхідність визначити ті види структурних елементів на відповідних об'єктах виробництва, які потребують заміни, порівняно з проектними. Відповідь на це запитач-

ня дає розв'язок задачі оптимізації розподілу структурних елементів ліній електропередачі по об'єктах будівництва.

В економіко-математичній моделі цієї задачі цільова функція виражає сумарну доцільність взаємозаміни структурних елементів з точки зору мінімальних відхилень їх технічних характеристик від проектних. Обчислення виражають наявність структурних елементів і їх потребу на будівельних об'єктах.

Розв'язок цієї задачі вказує на потребу структурних елементів на весь розрахунковий період. А назвати точні строки і об'єми їх потреби досить важко. Це зв'язано з багатьма факторами, основним з яких є переміни початку і кінця будівництва ліній електропередачі і наявні виробничі потужності будівельної організації.

Суть запропонованого алгоритму оптимізації календарних строків виконання робіт і потреби структурних елементів ліній електропередачі полягає в наступному. Будівельна організація здійснює будівництво m (ліній) ліній електропередачі. Кожний об'єкт характеризується набором певних видів робіт ($j = 1, 2, \dots, n$). Послідовність робіт, об'єм яких рівний Q_{ij} виражений у вигляді технологічного графа. Виконавці робіт можуть виконувати роботу з продуктивністю b_{jk} / k - номер виконавця, $k = 1, 2, \dots, K$. Наперед визначені директивні строки початку A_i^n і закінчення A_i^k будівництва i -го об'єкту, затрати доставки k -го виконавця на i -ий об'єкт для виконання j -ої роботи Φ_{ijk} , затрати на виконання j -ої роботи на i -му об'єкті k -им виконавцем.

Розв'язок задачі здійснюється шляхом поетапного розв'язування оптимізаційної задачі розподілу виконавців за роботами, до виконання яких можна приступити в даному підперіоді t планового періоду $t = 1, 2, \dots, T$. Критерієм оптимальності цієї задачі є величина сумарних затрат на будівництво ліній електропередачі в даному підперіоді. Затрати на виконання j -ої роботи на i -му об'єкті k -им виконавцем визначаються таким чином

$$z_{ijk} = \frac{\Phi_{ijk} + Q_{ijk} \cdot a_{ij}^t}{Q_{ij}^t}$$

де q - номер ітерації, Q_{ij}^t - залишок j -ої роботи на i -му об'єкті в підперіод t , який визначається таким чином:

$$Q_{ij}^t = Q_{ij}^{t-1} - \Delta t \sum_{k=1}^n a_{ijk} b_{jk},$$

$$Q_{ij}^1 = Q_{ij}, \quad Q_{ijk}^1 = Q_{ijk}.$$

Обмеження задачі враховують необхідність повного використання виробничих потужностей, можливість сумісного виконання роботи різними виконавцями.

Процес обчислення продовжується до тих пір, поки не буде проаналізований весь плановий період, або виконані всі роботи. Перевіряється виконання директивних строків завершення будівництва на об'єктах, і якщо вони виконуються, розрахунки закінчуються. В протилежному випадку - здійснюється перехід до наступної ітерації, для чого здійснюється обчислення величини Q_{ijk}^2 :

$$Q_{ijk}^2 = Q_{ijk}^{t-1} - b_{jk} \Delta t, \text{ де } \Delta t = \min \{ Q_{ijk} > 0 \}.$$

Це забезпечує закріплення більш продуктивних виконавців за роботами об'єктів, у яких директивні терміни на ітерації q не виконуються. Стримавши остаточний результат після закінчення ітераційного процесу, простим обрахунком отримується календарний план проведення робіт і використання структурних елементів ліній електропередачі.

Реалізація описаних задач здійснювалася у тресті "Львівськелектромережбуд". При цьому мали місце такі допущення, спричинені специфікою процесу будівництва ліній електропередачі: лімітованими ресурсами вважалися ліс, залізобетон, метал певних марок і сортів; для будівництва електроліній застосовувалися структурні елементи 400 видів, кожен з яких міг виготовлятися по п'яти варіантах, використовуючи метал різних марок; максимальне число технічних характеристик, по яких очікувалась можливість взаємозаміни структурних елементів, могло бути 500. Отриманий розв'язок порівняно з проектними показниками забезпечував економів сталі марки

Ст-3 31,2% /206,4т/ за рахунок перерозходу залізобетону
13,8% /56,64 м³/.

5.4. Визначення розрахункової вартості ліній
електропередачі потужністю 35кв., 110кв.,
0,4кв., 10кв.

Потреба в основних виробничих ресурсах на будівництво ліній електропередачі визначається на основі складеного проекту. Детально же врахувати умови будівництва і реальний стан у матеріально-технічному постачанні можна лише при встановлених реальних термінах будівництва. Нормативи затрат часу, розцінки оплати праці, умови виконання будівельно-монтажних робіт, наявність елементів і конструкцій, діючі механізми і машини визначають розрахункову вартість об'єму будівництва.

При будівництві ліній електропередачі потужністю 35кв., 110кв. всі будівельно-монтажні роботи згруповані у десять основних груп: вантажно-розвантажувальні роботи; складання залізобетонних опор і їх встановлення; складання сталених опор і їх встановлення; встановлення фундаментів, анкерних плит, ригелів; монтування заземлень; земляні роботи; монтування проводів і тросів; різні роботи.

Вхідна інформація по кожній з груп робіт має свою специфіку, але вона конкретизує елементи і конструкції, умови їх встановлення. Об'єми робіт визначаються таким чином:

$$W_{Sg}^c = \overline{W}_{Sg}^c \prod_{i=1}^{U_g} Z_{iSg}$$

де W_{Sg}^c - об'єм робіт, визначений для нормальних умов виконання, Z_{iSg} - коефіцієнт складності виконання роботи S в умовах i ; U_g - кількість одночасно діючих умов виконання робіт.

За номером групи робіт g , які характеризують об'єкт будівництва, встановлюється діапазон зміни індексів робіт приналежних до неї $Y_{2g} - 1$ і Y_{2g} - відповідно найменший і найбільший номер компоненти вектора вхідної інформації W . Визначені реальні обсяги робіт дають можливість встановити потребу в праці і заробітній платі для виконання кожної роботи, групи робіт і всього об'єкту для відповідних спеціа-

лістів. А на основі цієї інформації вираховуються всі необхідні економічні показники.

5.5. Аналіз господарської діяльності.

Для аналізу господарської діяльності госпрозрахункового виробничого підрозділу необхідна інформація про виробничу, економічну і фінансову діяльність зосереджена у особистому рахунку. Він нагромаджує зміни показників на протяжці всього періоду будівництва об'єкту і на закінчення його виражає необхідні економічні характеристики діяльності підрозділу стосовно даного об'єкту.

Для аналізу ефективності використання машинного парку підрозділів будівельної організації, обліку його експлуатаційних витрат розроблено комплекс економічних показників, згрупованих у відповідні документи.

Аналіз трудової участі спеціалістів у виконанні виробничих завдань забезпечується при допомозі інформаційно-довідкової підсистеми, яка дає змогу не тільки проаналізувати використання трудових ресурсів, але і розрахувати зміни у нарахуванні заробітної плати в залежності від коефіцієнту трудової участі.

III. ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Досягнення якісно нового ступеня розвитку економічної системи передбачає здійснення ряду революційних перемін в технології, організації і управлінні виробництвом, на які направлені створені і описані методи вироблення і прийняття рішень.

2. Виходячи з передумов системного аналізу і принципів ресурсно-цільового підходу розроблено і реалізовано комплекс економіко-виробничих задач з ефективним інструментарієм їх розв'язання, направлених на вирішення проблеми оптимізації управління економіко-виробничими об'єктами, який охоплює задачі від оперативного управління технологічними процесами до стратегічного, індикативного планування і управління цими об'єктами в цілому.

Ці ідеї втілені в системах управління будівельних організацій, зокрема домобудівних комбінатів і організацій по будівництву електричних мереж. Принципи і методи дослідження організаційно-технічних і техніко-економічних аспектів дають можливість широкого використання типових структур систем управління, методів і інструментарія розв'язання задач в різноманітних системах управління.

3. Запропоновані теоретичні основи моделювання управління реалізацією складних проектів забезпечують розробку нової технології моделювання, яка потребує мінімальної вхідної інформації і ефективно реалізується на сучасних засобах обчислення, а в багатьох випадках без якої не вдається моделювати виробничі процеси.

4. Створений математичний інструментарій моделювання планів спорудження великопанельного житлового будинку в нормальних умовах і в умовах виникнення дефіциту будівельних виробів дозволяє оперативно визначити технологічно допустиму послідовність монтажу з урахуванням конкретної ситуації із забезпеченості будівельними елементами і конструкціями.

5. На основі розробленої технології моделювання ефективно розв'язується комплекс задач оптимізації забезпечення монтажних потоків елементами і конструкціями, враховуючи їх наявність на складах.

Запропоновані алгоритми формування рейсокомплектів і розміщення виробів на спеціалізованих транспортних засобах дозволяють автоматизувати процеси розрахунків, оперативно складати і аналізувати варіанти комплектного забезпечення виробничого процесу.

6. Для узгодження виробничих процесів великопанельного домобудування пропонується комплекс задач оптимізації оперативного управління роботом технологічних ліній заводу будівельних конструкцій, що дозволяє враховувати рівень складських запасів будівельних виробів і покращує рівномірність використання технологічного обладнання.

7. Розроблена концепція оптимального використання виробничих потужностей для реалізації складних розсереджених проектів, яка передбачає оперативне маневрування виробничими потужностями структурних підрозділів, ресурсо забезпеченням на всіх стадіях технологічного процесу.

8. Розроблено і досліджено на ефективність метод розв'язування задачі транспортного типу з фіксованими доплатами, яка може виражати різноманітні економічні аспекти використання потужностей будь-яких виробничих підрозділів.

9. Практична реалізація запропонованих у дисертації методів розрахунку управлінських рішень у будівельному виробництві підтвердили їх високу економічну ефективність.

10. Наукові дослідження, викладені у дисертаційній роботі, переконливо засвідчили, що будівельна індустрія має істотні резерви для підвищення ефективності своєї виробничої діяльності, але для їх використання потрібно забезпечити перехід будівельних організацій на якісно новий рівень управління, використовуючи науково обгрунтовані методи і відповідні засоби обчислювання.

ІV. ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії, навчальні посібники, препринти.

1. Вовк В.М. Оптимізація використання виробничих потужностей будівельної організації. - К.: НК ВО, 1992. - 164 с.

2. Вовк В.М. Оптимизация материально-технического обеспечения электросетевого строительства. - Львов: ЛДУ, Деп. в УкрИНТЕІ № 371-Ук92, 1992. - 182 с.

3. Вовк В.М. Оптимізація планування перевезень в крупнопанельному домобудуванні. Препринт. - К.: НК ВО, 1991. - 56 с.

4. Вовк В.М. Задачі оптимального планування будівельного виробництва. - К.: НК ВО, 1991. - 64 с.

5. Вовк В.М., Черняхівська Л.Г. Моделювання виробничих процесів у великопанельному домобудуванні. - К.: НК ВО, 1991. - 191 с.

6. Вовк В.М., Черняхівська Л.Г. Математическое моделирование в управлении крупнопанельным домостроением. - Львов: ЛДУ. Деп. в УкрИНТЕІ № 370-Ук92, 1992. - 243 с.

7. Вовк В.М. Інформаційна технологія розрахунку і аналізу використання ресурсів в будівництві електричних мереж. - Львів: ЛДУ. Деп. в УкрИНТЕІ № 1842-Ук92, 1992. - 226 с.

8. Вовк В.М. Управління будівельним виробництвом в умовах конкуренції. - К.: Т. "Знання", 1992. - 20 с.

Статті і тези доповіді на конференціях

9. Вовк В.М., Домбровський Р.Л., Крутинь В.І. О некоторых экономико-математических моделях оптимального размещения строительных машин на объектах // Применение мат. методов в экономических исследованиях и планировании. Вып. I. Из-во ИК АН УССР, 1969. С. 3-14.

10. Вовк В.М. До питання оптимального використання потужностей у будівельному виробництві // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. 1971. С. 62-67.

11. Вовк В.М. Про один метод розв'язування задачі транспортного типу з нелінійною цільовою функцією // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. 1971. С. 73-76.

12. Вовк В.М. Некоторые задачи оптимального использования мощностей в строительном производстве // Львів. ДДУ, 1971. 22 с.

13. Вовк В.М. Економико-математичне моделювання задач використання виробничих потужностей у будівництві // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. 1972. С. 103-112.

14. Вовк В.М., Узинська Н.В., Масляк С.С. Розв'язок задачі оптимального використання парку будівельних машин з допомогою ЕОМ // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. 1973. С. 71-78.

15. Вовк В.М. Розв'язок задачі оптимізації закріплення об'єктів робіт за підвідомчими організаціями // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. 1973. С. 82-87.

16. Вовк В.М. Про моделювання рівномірного використання потужностей при проектуванні АСУ будівництвом // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. 8. 1975. С. 107-111.

17. Вовк В.М., Ланьок О.М., Мачкур А.С., Гайдар В.С. Визначення раціонального комплексу машин для механізації будівельних робіт на розосереджених об'єктах малого обсягу // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. 9. 1976. С. 87-93.

18. Вовк В.М., Мачкур А.С. Про один евристичний підхід до розв'язку задачі виробничого планування // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. 10. 1977. С. 75-78.

19. Вовк В.М., Ланьон О.М., Мачкур А.Б., Гайдар В.С. Програмна реалізація алгоритму визначення оптимального календарного плану використання машин на роззосереджених об'єктах малого обсягу // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. 10. 1977. С. 79-82.

20. Вовк В.М., Ланьон О.М., Мачкур А.Б. Алгоритми формування виробничої програми дозобудівельного комбінату // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. II. 1978. С. 77-79.

21. Вовк В.М., Гуменюк В.В. Про один підхід до складання плану будівництва комплексу житлових будинків // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. II. Львів. 1978. С. 79-82.

22. Вовк В.М., Мачкур А.Б. Побудова оптимізаційної моделі планування заводського виробництва будівельних машинвиробів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми підвищення ефективності суспільного виробництва. Вип. 13. 1980. С.62-64.

23. Вовк В.М., Барикін В.М. Задача про оптимальний підбір структурних елементів при будівництві ліній електропередачі // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Вдосконалення соціально економічного планування і управління народного господарства. Вип. 14. 1981. С. 70-72.

24. Вовк В.М., Барикін В.М. Применение экономико-математических методов для решения некоторых задач строительного производства // 36. Исследования операций и АСУ. Вип. 19. Киев. 1982. С. 90-98.

25. Вовк В.М., Черняховська Л.Г. Имитационная модель транспортного узла // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми інтенсифікації виробництва в отраслях народного хозяйства. Вип. 16. Львів, 1984. С. 57-69.

26. Вовк В.М., Барикін В.М., Тарас Б.М. і інші. Автоматизация расчета потребности в материальных ресурсах на строительство высоковольтных линий 35-110 кв. // Информационный лист № 24. ЦИТИ, УкРНИИТИ Госплана УССР. 1985. С. 1-3.

27. Вовк В.М., Голіч Г.М., Сендецький Ю.Л., Черняховська Л.Г. Моделирование промышленного производства и хранения строительных изделий // Весн. Львов. ун-та. Сер. екон. Совершенствование хозяйственного механизма. Вип.18. 1986. С.68-70.

23. Вовк В.М., Черняховська Л.Г. К вопросу повышения надежности транспортной сети // Весн. Львов. ун-та. Сер. экон. Совершенствование хозяйственного механизма. Вып. 17. Львов. 1985. С. 97-99.

29. Вовк В.М., Сендецкий Ю.Л., Черняховская Л.Г. К вопросу составления производственного плана строительной организации // Весн. Львов. ун-та. Сер. экон. Совершенствование хозяйственного механизма. Вып. 18. Львов. 1986. С. 74-76.

30. Вовк В.М. Моделивання виробничої програми домобудівельного комбінату // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. экон. Удосконалення господарського механізму. Вип. 19. Львів. 1987. С. 86-93.

31. Вовк В.М., Барыкин В.Н., Сендецкий Ю.Л. Автоматизация расчета потребности в материальных ресурсах на строительство ВЛ 3х-110 кв. // Информационный лист ЦНТИ УкрНИИТИ Госплана СССР. 1985. С. 1.

32. Вовк В.М., Вовк В.В., Шаловал В.І. Методика обчислення витрат робочого часу і заробітної плати на будівництво ліній електропередачі // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. экон. Удосконалення господарського механізму. Вип. 20. Львів. 1988. С. 66-69.

33. Вовк В.М., Черняховская Л.Г. Моделирование формирования рейсокомплектов в крупнопанельном домостроении // Тез. докл. научно-техн. конф. Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях. Киев. 1988. С. 167-168.

34. Вовк В.М., Черняховська Л.Г. Оптимізація кваліфікаційної структури комплексної бригади будівельної організації // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. экон. Проблеми перебудови господарського механізму. Вип. 21. Львів. 1989. С. 94-98.

35. Вовк В.М., Вовк В.В., Добот Л.В. Информационное обеспечение плановых расчетов при строительстве линий электропередачи // 36. Актуальные вопросы теории и практического использования ЭМ и ЭВМ в экономико-математических исследованиях. Львов. Деп. ИНИОН № 40126. 1989. С. 100-117.

36. Вовк В.М., Вировой Е.Д., Хомляк Р.Д. Планирование перевозок строительных изделий в домостроительном производстве // 36. Актуальные вопросы теории и практического использования ЭМ и ЭВМ в экономико-математических исследованиях.

Львов. Деп. ИНИОН № 40126. 1989. С. 145-168.

37. Вовк В.М., Черняховская Л.Г. Моделирование монтажа секции в крупнопанельном домостроении // Тез. докл. науч.-техн. конф. Применение вычислительной техники и математических методов в научных и экономических исследованиях. Киев. 1990. С. 144-145.

38. Вовк В.М., Черняховська Л.Г. Моделювання технологічної послідовності монтажу будівельних виробів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. екон. Проблеми радикальної економічної реформи. Вип. 22. Львів. 1991. С. 61-65.

39. Вовк В.М. Інформаційні системи і технології в управлінні будівельним підприємством. // Створення і використання економічних інформаційних систем і технологій для управління будівельним виробництвом. Тез. доп. наук.-пр. конф. - Львів: 1992. С. 5-6.

40. Вовк В.М., Черняховська Л.Г. Математичне забезпечення системи комплектування об'єктів будівництва // Створення і використання економічних інформаційних систем і технологій для управління будівельним виробництвом. Тез. доп. наук.-пр. конф. - Львів: 1992. С. 9-10.

41. Вовк В.М. Моделювання як інструмент оптимізації управління будівельним виробництвом // Тез. доп. наук.-тех. конф. Застосування обчислювальної техніки і математичних методів в наукових і економічних дослідженнях. Київ. 1992. С. 107-108.

42. Вовк В.М. Передумови нового підходу до оцінки ефективності будівельного виробництва в умовах конкурентної економіки // Створення і використання економічних інформаційних систем і технологій для управління будівельним виробництвом. Тез. доп. наук.-пр. конф. - Львів: 1992. С. 18-19.

43. Вовк В.М. Особливості інформаційної технології економічного аналізу будівельного виробництва // Створення і використання економічних інформаційних систем і технологій для управління будівельним виробництвом. Тез. доп. наук.-пр. конф. - Львів: 1992. С. 22-23.

44. Вовк В.М. Моделювання монтажу горизонтальних виробів у крупнопанельному домобудуванні // Вісн. Львів. ун-ту Сер. екон. Проблеми переходу до ринкової економіки. Вип. 23. Львів. 1992. С. 74-79.

45. Вовк В.М., Водзь К.М. Про моделювання задач ресурсозабезпечення виробничого процесу у будівництві. // Створення і використання економічних інформаційних систем і технологій для управління будівельним виробництвом. Тез. доп. наук.-пр. конф. - Львів: 1992. С. 46-48.

Ротапринт ДНБ Ім. В. Стефаника АН УРСР
290005, Львів, вул. Лермонтова, 15.

467634

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
BUREAU OF PLANT INDUSTRY
WASHINGTON, D. C.

PLANT INDUSTRY
WASHINGTON, D. C.

Ис. № 5.00

Институт физико-металлургических исследований

ТЕОРИЯ МАТРИЦ ДИФФУЗИОННО-СОПРЯЖЕННЫХ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКОГО ОБРАБОТКИ ПОЛУФАСФЕРИКА НА ВЫСОКИХ И НИЖНИХ СТАДИИ С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ДИФФУЗИОННЫМИ ПРЕВРАЩЕНИЯМИ

С. П. КОЗЛОВ, В. П. КОЗЛОВ, В. П. КОЗЛОВ

Москва, 1978

469634

AB 26.605

AB 26.605