

П. О. ЧИКУНОВ, ст. викл., Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут, Артемівськ;

О. О. КРИВОДУБСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут, Артемівськ

МЕТОД ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ БАГАТОРІВНЕВИХ ПІДПРИЄМСТВ З СЕЗОННОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ

Пропонується метод розробки інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень підприємства з багаторівневою структурою та сезонним характером формування портфелю заказів. Розглянути питання системного аналізу характеристик діяльності підприємства, розробки логіко-формальних моделей, моделей сезонного планування та оперативного управління, функціоналів цілі управління та алгоритму функціонування інформаційної технології.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, інформаційна технологія, системний аналіз, критерії управління, багаторівневі системи управління, моделювання процесів планування і управління, алгоритми управління.

Вступ і постановка проблеми. У сучасній техніко-економічній діяльності України особливе місце займають переробні багаторівневі підприємства з сезонним характером формування портфелю замовлень. Значна частина таких підприємств містить управлінське ядро і підпорядковану йому сукупність підрозділів, що здійснюють переробку сировини у товарну продукцію широкого асортименту. Для визначення економічно-обґрунтованих планових завдань менеджерам планових служб управлінського ядра та супідрядних йому підрозділів потрібен інструментарій складання варіанту плану шляхом автоматизованого підбору оптимальних значень показників техніко-економічної діяльності з оцінкою їх ефективності по математичним моделям прогнозу та декільком критеріям.

Поточна техніко-економічна діяльність переробних підрозділів супроводжується випадковими відхиленнями від планових завдань, тобто визначає актуальність включення в інструментарій менеджерів математичних моделей і критеріїв оптимальної оцінки оперативних рішень, що дозволяють приймати найкращі техніко-економічні показники в умовах співпідпорядкованості рішень менеджерів нижнього рівня плановим завданням. Перераховані особливості визначають актуальність розробки інструментарію для менеджерів всіх рівнів, що забезпечує процес прийняття оптимальних рішень щодо управління діяльністю переробних підприємств з сезонним характером формування портфелю замовлень.

Аналіз літературних джерел. Значний внесок у розвиток методології синтезу подібного роду інструментарію внесли вітчизняні вчені В. М. Тома-

шевський, Н. Д. Панкратова, Л. М. Любчик, О. С. Куценко, О. А. Павлов і закордонні – П. Ейхгофф, Д. Бокс, Р. Шеннон і Р. Кіні. Аналіз функціональних взаємозв'язків показників діяльності багаторівневого переробного підприємства виконаний в роботі [1]. Математична модель прогнозу виробничих витрат наведена в роботі [2]. У роботах [3–4] розглянуті основні положення процесу моделювання показників техніко-економічної діяльності переробного підприємства. Постановка завдань прийняття рішення при оперативному управлінні відображена в роботі [5]. Загальні питання про структуру СППР переробного підприємства розглянуті в роботі [6].

Метою дослідження є формування теоретичних і методологічних основ проектування інформаційної технології систем підтримки прийняття рішень (ІТ СППР) для класу дворівневих підприємств з сезонним характером формування портфеля замовлень, з прогнозуванням сезонних показників, багатоваріантним визначенням оптимальних значень завантаження виробничих потужностей і оперативним управлінням підрозділами.

Методи дослідження. Для формалізації структури підприємства та взаємозв'язків кількісних показників діяльності використані методи дискретної математики. При розробці моделей прогнозу діяльності підприємства та оцінці їх адекватності були використані методи математичної статистики. Моделі оперативного прогнозу показників створені за допомогою апарату звичайних диференціальних рівнянь. При оцінці параметрів статистичних моделей використані методи теорії ймовірностей, а для динамічних моделей – методи ідентифікації та методи оптимізації. Формалізація завдань управління здійснювалася методами системного аналізу та оптимізації. Пошук оптимальних рішень здійснювався за допомогою чисельних методів розв'язання екстремальних задач.

Аналіз характеристик об'єкта управління. За допомогою методів системного аналізу виконано аналіз характеристик об'єкта управління (ОУ) – переробного підприємства з сезонним характером формування портфеля замовлень. У якості представника цього класу обрано державне підприємство (ДП) «Артемсіль», що є лідером на ринку України з видобутку та переробки харчової кам'яної солі.

В результаті аналізу характеристик ОУ виявлені два рівні в структурі управління підприємства – заводу управління та підпорядковані чотири переробні комплекси (структурні підрозділи). Відповідно до методології системного аналізу визначено цілі кожного рівня управління та виявлено функціональний взаємозв'язок між ними. Менеджери верхнього рівня на підставі портфеля замовлень прогнозують і складають план сезонної діяльності підприємства (стратегічне планування), а також план на місяць поточного сезону (тактичне планування).

На нижньому рівні складаються плани виробничої діяльності переробних комплексів, згідно плановим завданням верхнього рівня.

Менеджер нижнього рівня складає планове завдання на кожен день місяця, тобто замовлений обсяг продукції розподіляється на весь місяць, виходячи із специфіки даного комплексу, планових ремонтних робіт і т.д.

Визначено види асортименту продукції: верхній рівень працює з узагальненими видами, нижній – з розширеним асортиментом готової продукції. При плануванні виробничої діяльності визначаються обсяги дев'яти узагальнених видів продукції, складові укрупнені позиції портфеля замовлень підприємства. Асортимент портфеля замовлень може бути представлений матрицею:

$$A = (A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9), \quad (1)$$

де $A_j, j = \overline{1,9}$ – узагальнені види продукції.

Аналіз структури переробних підрозділів підприємства показав незначні відмінності організаційного характеру процесів переробки солі, відвантаження готової продукції. Виходячи з цього, структура ДП «Артемсіль» може бути представлена вектором:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}, \quad (2)$$

де $S_i, i = \overline{1,4}$ – структура підрозділів, що входять до складу підприємства.

Встановлена сукупність кількісних показників техніко-економічної діяльності підприємства. Вхідні показники для верхнього рівня управління – статистичні дані по випуску продукції за останні 20 років, а саме обсяги виробленої продукції узагальнених видів і розширеного асортименту. Вихідні показники для верхнього рівня – виробничі завдання для підрозділів з випуску узагальнених видів. Вхідні показники для нижнього рівня – виробничі завдання щодо випуску узагальнених видів. Вихідні показники для нижнього рівня – види та обсяги виробництва розширеного асортименту готової продукції.

Аналогічним чином виконано аналіз часових характеристик. Часові характеристики – це стійкі інтервали часу, на які відбувається планування діяльності підприємства і підрозділів. Виділено три види інтервалів – сезон року, місяць і доба. Виявлена сезонність у діяльності підприємства, обрані періоди планування діяльності (сезон, місяць). Також визначено необхідність в оперативному управлінні діяльності підрозділів, у зв'язку зі збоями при виконанні планових завдань. Виходячи з положень часового характеру, виділені два основних сезону року, що відрізняються обсягами узагальнених видів продукції та асортименту. Визначено, що час не впливає на стратегічний і тактичний прогноз, так як обраний плановий період – сезон або місяць.

Аналіз часових показників діяльності підприємства, заснований на методології системного аналізу, дозволив визначити необхідність використання

різних видів математичного опису об'єкта управління: статистичний прогноз показників за фіксований інтервал часу (сезон, місяць сезону) для ДП «Артемсіль» в цілому і для кожної структурної складової (переробний комплекс), а також динамічний детермінований прогноз поточних показників переробних комплексів.

Аналіз витратного механізму [2] дозволив виділити питомі виробничі витрати на узагальнені види продукції та види розширеного асортименту з прив'язкою до відмінностей переробки на рудниках.

Попередня постановка задач управління. Класифікація характеристик об'єкта управління дозволила виконати попередню постановку задачі синтезу системи. Як впливає з основних джерел методології системного аналізу та управління для розробки систем управління складних ієрархічних об'єктів необхідно сформулювати структурну модель об'єкта управління, визначити умови впорядкованості і співвідпорядкованості складових частин, після чого сформулювати цілі управління для об'єкта в цілому і його структурних складових.

Фактичні дані діяльності ДП «Артемсіль» показали, що замовлення відрізняються за видами асортименту та обсягами за два сезони: весняно-літнього та осінньо-зимового. Це вказує, що протягом зазначених сезонів спостерігається значна зміна обсягів замовлень на сезони і місяці сезону. Цей фактор визначає необхідність створення інструментарію прогнозу обсягів вироблених підприємством узагальнених видів продукції на обидва сезони і місяці цих сезонів. Крім того, при аналізі виробничої програми ДП «Артемсіль» визначена двоїстість цього завдання планування. Перше завдання – визначити обсяги продукції, виробленої підприємством на період (сезон, місяць). Друге завдання – визначити на ці ж періоди валові обсяги продукції, як завдання для кожного переробного комплексу.

При вирішенні другого завдання необхідно враховувати витратний механізм виробництва на кожному переробному комплексі, так як вони містять різні типи обладнання, що характеризуються відмінностями в технологічній собівартості продукції. При вирішенні цього завдання менеджери планово-виробничої служби ДП «Артемсіль» керуються плануванням виробничої програми з найменшим витратним механізмом.

Двоїстість завдання планування вимагає відповідних їй постановок задач стратегічного (на сезон) і тактичного (на місяць сезону) планування та їх формалізації у вигляді критеріїв. Переробні комплекси отримують від планово-виробничої служби виробничі завдання на місяць у вигляді обсягів узагальнених видів продукції. Враховуючи ці завдання, служби підрозділів розробляють свою програму, в якій визначаються види та обсяги випуску розширеного асортименту готової продукції, в сукупності підлеглих плановому завданню ДП за узагальненими видами. Це визначає постановку задачі моделювання як інструментарію прогнозу виробничої програми для

кожного підрозділу за всіма видами асортименту. Слід врахувати, що менеджери нижнього рівня мають право змінювати частку кожного виду продукції в обсязі узагальненого вигляду.

Таким чином, двоїстість задачі планування діяльності ДП і його підрозділів дозволяє задавати виробничі завдання на фіксований період (сезон, місяць), тому для прогнозу можуть бути використані статичні моделі.

Поточна діяльність переробних комплексів супроводжується протягом планового періоду (місяця) зовнішніми і внутрішніми збуреннями, що призводить до порушення ритму виконання планових завдань. Облік цих збурень здійснюється у визначенні завдань на наступну добу місяця. Це визначає необхідність створення інструментарію прогнозу нестационарних процесів переробки продукції, а також постановки та формалізації задач оперативного управління кожним переробним комплексом, при адаптивному налаштуванні параметрів моделі в ритмі з виробничим процесом.

Логіко-формальні моделі взаємозв'язків показників діяльності. На основі аналізу кількісних характеристик підприємства та його структури управління, розроблені [1] логіко-формальні моделі, які включають в себе модель взаємозв'язків рівнів управління підприємства, модель технологічних взаємозв'язків обсягів узагальнених і розширених видів продукції, модель взаємозв'язків обсягів розширених видів продукції і модель взаємозв'язків виробничих витрат. Ці моделі дозволяють виявити функціональні взаємозв'язки між показниками техніко-економічної діяльності підприємства, і визначити структуру розділів БД, призначеної для зберігання та обробки інформації. Моделі побудовані на підставі аналізу функціональних взаємозв'язків між рівнями структури управління і менеджерами, аналізу взаємозв'язку обсягів узагальнених видів продукції і розширеного асортименту, аналізу взаємозв'язків між потоками переробки продукції. Логіко-формальні зв'язки між потоками продукції визначили вид рівнянь моделей прогнозу. Також визначено логіко-формальні зв'язки між завданнями верхнього і нижнього рівня.

Математичні моделі прогнозу показників діяльності. На основі аналізу характеристик ОУ, класифікації показників діяльності і попередніх постановок завдань планування та управління та вибору математичного апарату, виконується друга постановка задачі моделювання – розробити математичні моделі, що дозволяють здійснювати прогноз діяльності підприємства на сезон.

Розроблено інструментарій прогнозу стратегічного (на сезон) і тактичного (на місяць) планування у вигляді статичних статистичних моделей [3], за допомогою яких можна прогнозувати виробничі (обсяги випуску) та економічні аспекти (витратний механізм, [2]) діяльності підприємства. Цей інструментарій призначений для менеджерів верхнього і нижнього рівнів, що

займаються планування діяльності підприємства та підрозділів. Для розробки моделей прогнозу використані методи прикладного регресійного аналізу.

Для завдання стратегічного планування діяльності розроблені моделі сезонного прогнозу обсягу випуску узагальнених видів продукції в цілому по підприємству і по кожному переробному комплексу. Модель складається з 37 регресійних поліномів. Рівняння прогнозу обсягів випуску узагальнених видів продукції ДП «Артемсіль» на весняно-літній сезон:

$$G_B^1 = 459.2 + 1.24G^1(A_1) + 0.27G^1(A_2) + 11.4G^1(A_3) + 2.13G^1(A_4) + 0.93G^1(A_5) + 1.09G^1(A_6) + 0.37G^1(A_7) + 0.73G^1(A_8) + 3.44G^1(A_9), \quad (3)$$

де $G^1(A_j)$ – обсяги випуску узагальненого виду продукції A_j у весняно-літній сезон.

Рівняння прогнозу обсягів випуску продукції підрозділами підприємства на весняно-літній сезон:

$$G_B^1 = 89.7 + 1.06G_1^1(S_1) + 0.91G_2^1(S_2) + 0.79G_3^1(S_3) + 1.11G_4^1(S_4), \quad (4)$$

де $G_i^1(S_i)$ – валовий випуск продукції i -м переробним комплексом за сезон.

Для інших підприємств подібного класу математичний апарат стратегічного прогнозу буде відрізнятися в першу чергу статистичними даними конкретного підприємства, необхідними для визначення параметрів моделей. Визначається статистика період діяльності цього підприємства, по місяцях, закладаються в програму статистичного аналізу і отримуємо нові коефіцієнти рівнянь.

В режимі опитного навчання обирають конкретний період діяльності підприємства, визначається загальний обсяг випуск продукції і випуск продукції по підрозділах, тобто формується інформаційна матриця вхідних даних. Потім за допомогою рекурентної процедури, заснованої на методі найменших квадратів, підбираються коефіцієнти рівнянь моделі прогнозу таким чином, щоб середньоквадратичне відхилення модельних значень не сильно відрізнялося від фактичних. Іншими словами, система в режимі навчання коригує параметри моделей.

Дані за радянський період діяльності підприємства не розглядалися. За малої вибірці (дані про продажі за 20 років) були прораховані середні значення і дисперсія та згенерована вибірка з 100 значень. Саме з цієї вибіркою будувалися регресійні поліноми. Похибка при такому підході не перевищує 3 цифри після коми.

Також розроблена модель тактичного прогнозу діяльності підприємства на місяць кожного сезону, що враховує випуск продукції по підрозділах, за узагальненими видами продукції і за обсягами продукції кожного виду.

Всього модель тактичного прогнозу показників місячної діяльності підприємства представлена 22 регресійний поліномами.

Наприклад, рівняння прогнозу випуску узагальнених видів продукції ДП «Артемсіль» на місяць весняно-літнього сезону виглядає таким чином:

$$G_{\text{ВМ}}^1 = 9.56 + 1.13G_{\text{М}}^1(A_1) + 0.69G_{\text{М}}^1(A_2) + 4.3G_{\text{М}}^1(A_3) + 3.5G_{\text{М}}^1(A_4) + 2.8G_{\text{М}}^1(A_5) + 0.78G_{\text{М}}^1(A_6) + 0.73G_{\text{М}}^1(A_7) + 1.55G_{\text{М}}^1(A_8) + 4.32G_{\text{М}}^1(A_9), \quad (5)$$

де $G_{\text{М}}^1(A_j)$ – обсяги випуску узагальненого виду продукції A_j у сезон.

Прогноз обсягів валового випуску продукції підрозділами підприємства на місяць весняно-літнього сезону:

$$PG_{\text{ВМ}}^1 = 1.96 + 1.15G_{\text{М}}^1(S_1) + 0.85G_{\text{М}}^1(S_2) + 0.88G_{\text{М}}^1(S_3) + 1.92G_{\text{М}}^1(S_4), \quad (6)$$

де $G_{\text{М}}^1(S_i)$ – валовий обсяг випуску продукції i -м комплексом за місяць.

При побудові моделі тактичного прогнозу були взяті дані про помісячні продажах за 20 років, тобто значення обсягів випуску готової продукції за 240 місяців. Для перевірки адекватності статичних статистичних моделей проведено чисельне дослідження прогнозованих значень за незалежною вибіркою спостережень і порівняння результатів прогнозу з фактичними даними. Адекватність регресійних поліномів статичної моделі прогнозу визначалася за середньоквадратичного відхилення «прогноз-факт», з незалежної вибірки за період 2014 року. Відхилення при цьому не перевищило 5%.

Аналіз фактичних статистичних даних показав, що для прогнозу показників діяльності підприємства за сезон і місяць сезону необхідно реалізовувати налаштування параметрів моделі, тобто здійснювати адаптивну процедуру ідентифікації за даними минулих періодів. Математичні моделі прогнозу випуску продукції підрозділів також повинні налаштовуватися за даними попередніх періодів.

Математична модель оперативного прогнозу показників діяльності.

Для визначення оперативних прогнозів на будь-який інтервал планового періоду розроблена динамічна детермінована модель [4], рівняння якої відображають характер технологічних рішень кожного рудника. Так як загальний потік солі, видобутої на руднику, декомпозиується на види асортименту, динамічна модель прогнозу представлена сукупністю параметричних нелінійних диференціальних рівнянь, що враховують взаємозв'язки видів асортименту. Модель базується на авторській гіпотезі про механізм процесів, що протікають при перетворенні рудничної солі.

Наприклад, рівняння прогнозу перетворення потоку солі, видобутої на руднику, виглядає таким чином:

$$\frac{dG_p}{dt} = g_p - \beta_1 \cdot F_{1гр} \cdot \rho_{1гр} \left([A_{кр.к}] + [A_{зерн}] \right), \quad (7)$$

де g_p – інтенсивність подачі рудничної солі на 1-й грохот,
 β_1 – параметр, швидкість класифікації солі на 1-му грохоті,
 $F_{1гр}$ – щільнна поверхня 1-го грохоту,
 $[A_{кр.к}]$ – доля крупнокускової солі,
 $[A_{зерн}]$ – доля зернової солі,
 $\rho_{1гр}$ – щільність рудничної солі.

Всього динамічна модель оперативного прогнозу містить 87 нелінійних диференціальних рівнянь з двадцятьма параметрами. Для підстроювання параметрів моделі, що передбачає заданий рівень точності прогнозу, використовується метод параметричної ідентифікації, заснований на методі чутливості і методі двох моделей. Модель може використовуватися для будь-якого представника класу об'єктів з багаторівневою структурою управління і сезонним характером процесу формування портфеля замовлень. У режимі навчання формуються початкові значення параметрів моделі. А для робочої системи ідентифікатори в контурі управління дозволяють підлаштовувати статичні моделі в кінці планового періоду, а також підстроювати динамічні моделі, з урахуванням неконтрольованого зміни показників, з метою одержання підтримки заданої точності прогнозу. Чисельне дослідження прогнозу показало, що середньоквадратичне відхилення не перевищує 4%, тобто динамічна модель адекватна процесу.

Фізична та формальна постановка цілей управління. Як показав аналіз характеристик ОУ, інформаційна технологія, що призначена для прийняття рішень і автоматичної обробки техніко-економічних показників, повинна передбачати формування цілей управління.

Ухвалення управлінських рішень повинно проходити за умови неантагоністичної співпідпорядкованості рішень II рівня рішенням I рівня. Всього розроблені 4 функціоналів цілі стратегічного і 4 функціоналів цілі тактичного планування, 1 функціонал цілі оперативного управління.

Фізична постановка задачі стратегічного планування обсягів випуску продукції підприємством – визначити такі обсяги продукції, що випускається підприємством за поточний сезон, які дозволять підприємству отримати найбільший дохід при затверджених цінах на продукцію. Формальна постановка цієї задачі на весняно-літній сезон:

$$I_1^1 = 0.27\Pi^1(A_1) \cdot g^1(A_1) + 0.1\Pi^1(A_2) \cdot g^1(A_2) + 0.0022\Pi^1(A_3) \cdot g^1(A_3) + \\ + 0.005\Pi^1(A_4) \cdot g^1(A_4) + 0.167\Pi^1(A_5) \cdot g^1(A_5) + 0.376\Pi^1(A_6) \cdot g^1(A_6) + \\ + 0.07\Pi^1(A_7) \cdot g^1(A_7) + 0.11\Pi^1(A_8) \cdot g^1(A_8) + 0.0008\Pi^1(A_9) \cdot g^1(A_9) \rightarrow \max_{g^1(A_j) \cdot \Pi^1(A_j)} \quad (8)$$

де $\Pi^1(A_j)$ – ціна на узагальнений вид продукції у весняно-літній сезон,
 $g^1(A_j)$ – валовий випуск продукції валовий випуск продукції A_j у весняно-літній сезон у весняно-літній сезон.

Фізична постановка задачі стратегічного планування валових обсягів випуску продукції підрозділами підприємства - визначити обсяги виробничих завдань переробних комплексів таким чином, щоб сумарний витратний механізм виробництва підприємства на сезон був мінімальним. Формальна постановка цієї задачі на весняно-літній сезон:

$$I_2^1 = 32.56Z_1^1 G_B^1(S_1) + 36.99Z_2^1 G_B^1(S_2) + 33.92Z_3^1 G_B^1(S_3) + 31.77Z_4^1 G_B^1(S_4) - \\ - 0.01Z_1^1 G_B^1(S_1) \cdot Z_3^1 G_B^1(S_3) - 0.01Z_2^1 G_B^1(S_2) \cdot Z_4^1 G_B^1(S_4) - 379863 \rightarrow \min_{Z_i^1 \cdot G_B^1(S_i)} \quad (9)$$

де $G_B^1(S_i)$ – валовий випуск продукції i -м комплексом в сезон,
 Z_i^1 – витрати i -го комплексу на валовий випуск продукції за сезон.

Фізична постановка задачі тактичного планування обсягів випуску продукції підприємством – визначити такі обсяги узагальнених видів продукції, що випускається підприємством за місяць сезону, які дозволять отримувати найбільший дохід при затверджених цінах на продукцію. Формальна постановка задачі на місяць весняно-літнього сезону:

$$I_3^1 = b_{1M}\Pi^1(A_1) \cdot g_M^1(A_1) + b_{2M}\Pi^1(A_2) \cdot g_M^1(A_2) + b_{3M}\Pi^1(A_3) \cdot g_M^1(A_3) + \\ + b_{4M}\Pi^1(A_4) \cdot g_M^1(A_4) + b_{5M}\Pi^1(A_5) \cdot g_M^1(A_5) + b_{6M}\Pi^1(A_6) \cdot g_M^1(A_6) + \\ + b_{7M}\Pi^1(A_7) \cdot g_M^1(A_7) + b_{8M}\Pi^1(A_8) \cdot g_M^1(A_8) + \\ + b_{9M}\Pi^1(A_9) \cdot g_M^1(A_9) + b_{0M} \rightarrow \max_{\Pi^1(A_j) \cdot g_M^1(A_j)} \quad (10)$$

де $g_M^1(A_j)$ – валовий випуск продукції за місяць весняно-літнього сезону,
 b_{iM} – коефіцієнти функціонала мети.

Фізична постановка задачі тактичного планування валових обсягів випуску продукції підрозділами підприємства – визначити обсяги виробничих завдань переробних комплексів на місяць сезону таким чином, щоб витратний механізм виробництва ДП «Артемсіль» був мінімальним. Формальна постановка задачі планування на місяць весняно-літнього сезону:

$$I_4^1 = 130.95Z_{1M}^1 G_M^1(S_1) + 139.65Z_{2M}^1 G_M^1(S_2) + 134.66Z_{3M}^1 G_M^1(S_3) + \\ + 131.1Z_{4M}^1 G_M^1(S_4) - 0.003Z_{1M}^1 G_M^1(S_1) \cdot Z_{4M}^1 G_M^1(S_4) - \\ - 0.001199Z_{2M}^1 G_M^1(S_2) \cdot Z_{3M}^1 G_M^1(S_3) + 11380 \rightarrow \min_{Z_{iM}^1 \cdot G_M^1(S_i)}, \quad (11)$$

де $G_M^1(S_i)$ – валовий випуск продукції i -м комплексом за місяць сезону,

Z_{iM}^1 – витрати i -го комплексу на валовий випуск продукції за місяць весняно-літнього сезону.

Фізична постановка задачі оперативного управління – визначити виробничу програму подальших календарних періодів (днів) з урахуванням неув'язки «план-факт» таким чином, щоб забезпечити максимальний випуск продукції. Формальна постановка задачі оперативного управління:

$$I_5 = \lambda_1 g_{\text{сф}}(A_1) + \lambda_2 g_{\text{сф}}(A_2) + \lambda_3 g_{\text{сф}}(A_3) + \lambda_4 g_{\text{сф}}(A_4) + \lambda_5 g_{\text{сф}}(A_5) + \\ + \lambda_6 g_{\text{сф}}(A_6) + \lambda_7 g_{\text{сф}}(A_7) + \lambda_8 g_{\text{сф}}(A_8) + \lambda_9 g_{\text{сф}}(A_9) \rightarrow \max_{g_{\text{сф}}(A_j)}, \quad (12)$$

де $\forall j: g_{\text{сф}}(A_j) = g_{\text{с}}(A_j) + |\Delta g_{\text{ф}}|(A_j)$, $g_{\text{с}}(A_j)$ – планові завдання на сутки,

$|\Delta g_{\text{ф}}|(A_j)$ – неув'язка «план-факт»,

λ_j – доля добового обсягу продукції A_j , що визначається планово-виробничою службою підрозділу.

Чисельне рішення функціоналів мети виконується методами оптимізації, зокрема пошуком екстремальних значень. Пошук екстремальних значень функціоналів критерію мети вирішуються за допомогою сучасного генетичного алгоритму. Значення коефіцієнтів функціоналів цілі визначаються в режимі опитного навчання. В процесі експлуатації СППР наприкінці кожного місяця необхідно виконувати настроювання параметрів моделей і коефіцієнтів функціоналів. Для цієї мети призначена рекурентна процедура, що заснована на методі найменших квадратів.

Алгоритм функціонування інформаційної технології. Портфель замовлень формується у відділі маркетингу і містить заявки по розширеному асортименту готової продукції на поточний рік. Наприкінці планового періоду відділ маркетингу групує позиції в узагальнені види та передає портфель (сезонну заявку) у плановий відділ підприємства. Менеджер планового відділу (верхній рівень управління) виділяє з сезонною заявкою позиції довготривалих договорів, ще не оплачених. Завданням менеджера є визначення сезонних планових завдань підрозділам підприємства по валовому випуску готової продукції.

Менеджер верхнього рівня бере згруповані позиції і підставляє в рівняння моделі стратегічного прогнозу показників діяльності (3–4). Коефіцієнти в рівняннях моделі враховують ймовірні коливання за попередній період, тобто параметри моделі враховують передісторію. Модель дозволяє оцінити з ймовірнісної характеристикою, до якого результату прийде рішення. На виході модель прогнозу дає значення валового випуску по кожному узагальненому виду продукції. Далі ті ж вхідні дані підставляються в функціонал цілі (8) і визначаються оптимальні значення валового випуску по кожному узагальненому виду продукції, вже підлеглі завданню отримання максимального доходу. Ці значення знову підставляються в модель стратегічного прогнозу (3–4). Потім порівнюються рішення, отримані за моделлю виходячи з портфеля замовлень, і отримані по функціоналу цілі. У функціоналі є граничні обмеження, щоб рішення були не нижче портфеля замовлень за обсягами випуску узагальнених видів продукції. Менеджер сам вирішує, які значення йому взяти, тобто скільки дати завдань з випуску узагальнених видів продукції переробним комплексам, виходячи з витратного механізму підрозділів. Стратегічна модель прогнозує ймовірні значення показників, а функціонал цілі надає найкраще рішення. Якщо ці найкращі рішення не задовольняють прогнозам по моделі, то змінюються вихідні дані в рівняннях моделі і процес підбору значень триває. Іншими словами, менеджер верхнього рівня отримує інструментарій автоматизованого складання найкращого варіанту плану шляхом багаторазового зміни вихідних даних у моделі і функціоналі.

Якщо прогноз на нижньому рівні вступає в протиріччя з плановим завданням, отриманим з верхнього рівня, менеджер нижнього рівня (до початку планового періоду) повертає планове завдання на переробку.

У обмеження функціонала (9) підставляється загальний обсяг сезонних замовлень з портфеля замовлень. Потім функціонал вирішується генетичним алгоритмом і менеджер отримує оптимальні значення – валові обсяги випуску продукції рудниками, підпорядковані завданню мінімізації витратного механізму. Ці значення підставляються в обмеження функціонала (8) та за допомогою генетичного алгоритму він вирішується, визначаючи оптимальні значення за валовими обсягами випуску узагальнених видів продукції в цілому по підприємству, підлеглі завданню отримання максимального доходу.

Далі слід оцінити ефективність цих рішень за допомогою моделі стратегічного прогнозу. Валові обсяги по рудникам і узагальненим видами продукції є вихідними даними для рівнянь моделі прогнозу. На виході модель дає передбачувані значення сезонних валових випусків по рудникам і за узагальненими видами продукції. Менеджер при цьому може не звертатися до функціонала. Він має право підставити в модель значення валових обсягів узагальнених видів з сезонною заявкою. Або в модель прогнозу менеджер самостійно підставляє значення, виходячи зі свого експертного досвіду.

Потім порівнюються рішення, отримані за моделлю, виходячи з портфеля замовлень, і отримані по моделі, виходячи з рекомендованих функціоналом значень. Рішення повинні бути не гірше сезонної заявки (за обсягами випуску узагальнених видів продукції). Менеджер виконує експертне оцінювання, тобто вирішує, які значення йому взяти, як сформулювати планові сезонні завдання кожному переробному комплексу. Якщо ці рішення не задовольняють заявці, то змінюються вихідні дані в рівняннях моделі та обмеження в функціоналом і процес підбору значень триває.

На початку нового місяцю планового сезону менеджер відділу маркетингу визначає потрібний обсяг продукції за оплаченими позиціями портфелю замовлень і передає планову місячну заявку менеджеру верхнього рівня. Менеджер підставляє значення планової заявки в обмеження функціоналу (11). Отримані рішення функціоналу (валові обсяги випуску продукції підрозділами на місяць) підставляються в обмеження функціоналу (10), і вирішується, визначаючи оптимальні значення за валовими обсягами випуску узагальнених видів продукції в цілому по підприємству на місяць сезону.

Далі оцінюється ефективність цих рішень за допомогою статичної моделі тактичного прогнозу. На виході модель дає передбачувані значення місячних валових випусків підрозділів і за узагальненими видами продукції в цілому по підприємству. Якщо рішення не гірше планової заявки, то вони формують виробничі завдання кожному підрозділу з випуску узагальнених видів продукції на місяць сезону.

Менеджер нижнього рівня повинен провести декомпозицію отриманого місячного планового завдання на види розширеного асортименту. Отримання завдань з випуску розширеного асортименту на місяць і добу проводиться за допомогою рівнянь динамічної моделі (7). Валові обсяги випуску узагальнених видів продукції є кінцевими умовами задачі Коші. Менеджер звертається до динамічної моделі прогнозу, задає початкові умова (добові інтенсивності випуску) для кожної позиції, що входить в узагальнений вигляд і методом Рунге-Кутта вирішує рівняння, з кроком інтегрування 10 хвилин. Запускається лічильник і визначається, за яку кількість періодів може бути виконаний випуск потрібного обсягу продукції розширеного виду. Початкові умови задаються, виходячи з експертного досвіду менеджера нижнього рівня.

Функціонал цілі (12) може застосовуватися як при оперативному управлінні, так і при тактичному плануванні. Змінюються тільки долі добового обсягу продукції, захоплюючи інтервал часу більше, ніж добу.

Якщо прогноз на нижньому рівні вступає в протиріччя з плановим завданням, отриманим з верхнього рівня, менеджер нижнього рівня (до початку планового періоду) повертає планове завдання на верхній рівень для переробки.