УДК 331.035

Голляк Ю.Б.

ВЗАЄМОДІЯ ПІДПРИЄМСТВ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ В БАГАТОРІВНЕВІЙ КОМПЛЕКТАЦІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КІНЦЕВОЇ ГАЛУЗЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

У статті розглянута сутність забезпечення балансу між обсягами виробництва підприємствами авіаційної галузі всієї сукупності комплектуючих і кінцевих галузевих виробів.

Ключові слова: авіаційна галузь, комплектація виробництва, міжгалузева взаємодія.

В статье рассмотрена сущность обеспечения баланса между объемами производства предприятиями авиационной отрасли всей совокупности комплектующих и конечных отраслевых изделий.

Ключевые слова: авиационная отрасль, комплектация производства, межотраслевое взаимодействие.

The article describes the essence of balance between the volume of production enterprises aviation entire set of components and final products industry.

Keywords: aircraft industry, equipment manufacturing, intersectoral cooperation.

Постановка проблеми. Взаємні постачання є природним наслідком спеціалізації виробництва, при якій виробництво однотипних комплектуючих виробів загальногалузевого вживання, концентрується на спеціалізованих підприємствах, цехах, ділянках. Проте спеціалізація виробництва ставить питання про координацію виробничої діяльності підприємств, що беруть участь в різних стадіях технологічного процесу виробництва кінцевого галузевого виробу. У авіаційному машинобудуванні і приладобудуванні мають місце значна багатономенклатурність продукції, що випускається, і багатоступінчастість виробничих процесів, обумовлена великим числом рівнів виробництва комплектуючих виробів в готовий виріб.

При плануванні має бути забезпечений баланс між обсягами виробництва підприємствами галузі всієї сукупності комплектуючих і кінцевих галузевих виробів. Для цього необхідно врахувати: 1) всі види виробничої діяльності, що забезпечують випуск кожного конкретного кінцевого виробу (виробництво комплектуючих виробів різного ступеня завершеності і процеси їх збірки); 2) спеціалізацію підприємств по цих видах діяльності; 3) виробничі можливості підприємств, що характеризують допустимі обсяги випуску комплектуючих виробів і їх збірки.

Аналіз публікацій. При розрахунках можливостей випуску кінцевої галузевої продукції на перспективу необхідно враховувати сплановані на міжгалузевому рівні постачання комплектуючих виробів суміжними галузями[1]. З суміжних галузей промисловості можуть надходити або всі необхідні для галузі комплектуючі вироби даного вигляду, або тільки їх частка, а решта при цьому виробляється на підприємствах даної галузі[2]. Так само і підприємство, що випускає деякий вид продукції, може отримувати ззовні (по внутрігалузевій і міжгалузевій кооперації) або весь об'єм комплектуючих виробів певного вигляду, необхідних йому для виробництва заданої кількості кінцевих заводських виробів, або тільки лише його частину[3]. Всі ці потоки проміжної продукції між підприємствами галузі (і суміжними галузями) можуть мати досить складну структуру, залежну від складу і технологічної схеми виробництва кінцевого галузевого виробу, спеціалізації підприємств по стадіях схеми виробництва виробу, прикріплення споживачів комплектуючих виробів до підприємств-виробникі[4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В наявних позиціях авіаційних підприємств в даний час не визначена і не врахована на міжгалузевому рівні постачання комплектуючих виробів суміжними галузями, не визначені пріоритети та перспективи міжгалузевих виробничих відносин.

Метою статті є визначення системи управління підприємствами авіаційної галузі, де прогнозовані ланки і етапи виробничого процесу створення кожного кінцевого галузевого виробу визначені в загальнодержавній виробничій програмі розвитку

Виклад основного матеріалу. Міжгалузеві постачання продукції узгоджуються на моделях вищого, ніж галузевий, рівня. Ми вважатимемо і в подальшому, що баланс міжгалузевих постачань, хоч би в збільшеній номенклатурі, вже виконаний.

Розглянемо деяке m-е кінцевий для галузі виріб[5]. Представимо всю виробничу діяльність по його створенню і виді набору елементів (виробництво деталей, вузлів, агрегатів, підсистем, процеси їх збірки). Розбиття проведемо з таким ступенем деталізації, щоб елементом розбиття міг з'явитися тільки елемент, що є компонентом кінцевого випуску хоч би одного підприємства (відповідно до спеціалізації підприємств). Отримане розбиття m-го кінцевого виробу у вигляді сукупності комплектуючих виробів і процесів їх збірки позначимо через $\tilde{C}_m$. Виконаємо таку операцію розбиття для всіх $m = 1,2,\ldots,M$. Так як одні і ті ж комплектуючі вироби в спільному випадку можуть входити в якості компоненту в різні кінцеві галузеві вироби, то одні й ті ж найменування комплектуючих виробів можуть повторюватися в розбитті різних кінцевих галузевих виробів. Утворимо повний список різних найменувань комплектуючих виробів і процесів їх збірки і пронумеруємо їх індексами $i = 1,2,\ldots,I$. Безліч найменувань позначимо через $i\}$. Кожне j-е підприємство відповідно до своєї спеціалізації може проводити безліч видів комплектуючих виробів і процесів збірки $\{i_j\}$, $i_j = 1,2,\ldots,I_j$ з повного списку найменувань $\{i\}$ ($\{i_j\} \subseteq \{i\}$). Для того, щоб врахувати факт спеціалізації підприємств при описі виробничих можливостей кожного з них, можна використовувати два способи. Або із самого початку враховувати обмеженість номенклатури продукції підприємств, відповідній їх спеціалізації, за допомогою безлічі $\{i_j\}$, або формально вважати, що підприємство може випускати будь-який елемент з повного галузевого списку $\{i\}$. У останньому випадку необхідно формально розширити число стовпців технологічної матриці $\left\|\varphi_k^i i(t)\right\|$ до кількості I, але в додаткових стовпцях задати дуже великі коефіцієнти витрат виробничих чинників наприклад відповідні компоненти вектора $\Phi^j(t)$, що значно перевищують. Це формально означатиме, що хоча виробництво даної продукції на j -му підприємстві і може бути теоретично організовано, але воно неефективне. Тоді при вирішенні планових завдань відповідна продукція автоматично виключатиметься з випуску цього підприємства[6]. Надалі вважається, що підприємство випускає продукцію в рамках своєї спеціалізації.

Природно, що не всі комплектуючі вироби із списку $\{i\}$ необхідні в спільному випадку для виробництва конкретного m-го кінцевого виробу. Для кожного m-го кінцевого виробу введемо вектор C_m розмірності I, у якому відповідно до нумерації елементів безлічі $\{i\}$ на i-ій позиції вказана витрата відповідного i-го продукту на одиницю m-го кінцевого галузевого виробу. Для тих продуктів із загальногалузевого списку проміжної продукції $\{i\}$, які не використовуються при виробництві m-го кінцевого виробу, на відповідних позиціях вектора C_m стоятимуть нулі. Таким чином, вектором C_m є вектор витрат продуктів із загальногалузевого списку проміжної продукції на виробництво одиниці m-го кінцевого галузевого виробу.

Якщо тепер задамо деякий вектор кінцевої продукції $Y(t)$ у році t, то можна визначити $X^{\Sigma}(t)$ — спільна кількість комплектуючих виробів всіх видів і процесів складки (у номенклатурі підприємств), які необхідно провести, щоб забезпечити випуск $Y(t)$:

$$X^{\Sigma}(t) = C(t)Y(t), \tag{1}$$

де $C(t)$ — галузева матриця комплектації розміру $I \times M$, m -ий стовпець якого є вектор $C_m(t)$, а і-й рядок — витрати і-го продукту з безлічі $\{i\}$ на різні види кінцевої галузевої продукції $Y_m(t)(m = 1,2,\ldots,M)$. Таким чином, елемент $c_{im}(t)$ матриці $C(t)$ показує витрати і -го елементу з безлічі $\{i\}$ на одиницю m-ої кінцевої галузевої продукції.

У окремому випадку, коли виробництво деякого m-го кінцевого галузевого виробу ведеться цілком на деяких підприємствах (кожне працює повністю самостійно, не отримуючи ніяких комплектуючих виробів із списку $\{i\}$ від інших підприємств), відповідний елемент $c_{im}(t)$ матриці комплектації дорівнює одиниці, а решта елементів m-го стовпця дорівнює нулю. Це означає, що і-та позиція безлічі $\{i\}$, що є за визначенням цієї безлічі елементом кінцевого випуску підприємства, є одночасно і m-ою позицією кінцевої галузевої номенклатури.

Розглянемо інший що також часто зустрічається на практиці випадок[7]. Деякий комплектуючий виріб *i* може, по-перше, входити як вузол в одне або декілька кінцевих галузевих виробів і, по-друге, поставлятися зовнішнім для галузі замовникам «розсипом» (наприклад, для використання як запасних частин або для комплектування кінцевих виробів в суміжних галузях). Це означає, що даний *i*-тий виріб, будучи комплектуючим для деяких видів кінцевої галузевої продукції, входить як самостійний компонент у вектор $Y(t)$ кінцевій галузевій продукції. Тоді в галузевій матриці комплектації $C(t)$ знайдуться стовпці з ненульовими елементами в *i*-му рядку і одночасно з ненульовими елементами в деяких інших рядках (випадок комплектації *i*-м виробом кінцевих галузевих виробів), і, крім того, знайдеться стовпець, в якому тільки *i*-тий елемент буде ненульовим (випадок постачання *i*-тих виробів «розсипом»).

Вектор $X^{\Sigma}(t)$ з необхідної кількості комплектуючих виробів і процесів збірки може бути представлений у вигляді

$$X^{\Sigma}(t) = X^{CM(t)} + \sum_{j=1}^{J} X^{j}(t), \qquad (2)$$

де $X^{j}(t)$ — вектор випуску продукції на j-му підприємстві (j=1,2..,J), $X^{CM}(t)$ — заплановані на міжгалузевому рівні постачання комплектуючих виробів з суміжних галузей.

У спільному випадку $X^{CM}(t)$ представляється у вигляді

$$X^{CM}(t) = F^{CM}(t)\tilde{X}^{CM}(t). \tag{3}$$

Тут $\tilde{X}^{CM}(t)$ — постачання конкретних виробів з суміжних галузей, у тому числі виробів, які можуть бути не лише елементарними комплектуючими виробами (тих же найменувань, що і комплектуючі вироби, що вироблені в даній галузі), але і складнішими вузлами і агрегатами, що «акумулюють» в собі як елементарні комплектуючі вироби, так і процеси збірки різних рівнів. Матриця $F^{CM}(t)$ є матрицею фіктивного розбирання вузлів і агрегатів, що поставляються суміжниками, на сукупність елементарних комплектуючих виробів і процесів збірки. Таке фіктивне «розбирання» вектора $\tilde{X}^{CM}(t)$, що поставляється суміжниками необхідно виконувати для того, щоб врахувати всі види і об'єми продукції та послуг (у тому числі і процеси збірки) в номенклатурі кінцевих випусків підприємств, які поставляються суміжниками.

Умова здійснення галузевої програми $Y(t)$ може бути записано таким чином:

$$X^{CM}(t) + \sum_{j=1}^{J} X^{j}(t) \geq C(t)Y(t) \tag{4}$$

Введемо позначення

$$\sum_{j=1}^{J} X^{j}(t) = X(t) \tag{5}$$

Звідси витікає, що $X(t)$ є повний випуск комплектуючих виробів і процесів збірки всіма підприємствами галузі. Умова здійснення програми $Y(t)$ може бути переписано у вигляді

$$X(t) \geq C(t)Y(t) - X^{CM}(t) \tag{6}$$

Викладене вище передбачає, що перелік всіх комплектуючих виробів і процесів збірки кожного конкретного m-го кінцевого виробу є універсальним для всіх підприємств галузі і що технологія виробництва кожного кінцевого виробу схожа на всіх її підприємствах, що беруть участь на різних етапах створення виробу. Іншими словами, якщо для m-го кінцевого виробу розглядається технологічне дерево його створення на сукупності підприємств (що відображає послідовний процес виробництва комплектуючих виробів і збірки їх у все крупніші підсистеми; при цьому технологічний процес може переходити послідовно з одних підприємств на інших), то передбачається, що номенклатура використовуваних комплектуючих виробів і процеси монтажу одні і ті ж для всіх підприємств, що беруть участь у випуску цього m-го виробу[8]. Це припущення і дозволило задати стандартний, перелік комплектуючих виробів, і процесів їх збірки $\tilde{C}_m(t)$ і сформувати єдиний список i^*.

Хай тепер для виробництва одного і того ж m-го кінцевого виробу $Y_m(t)$ у галузі в році t використовуються декілька різних технологічних способів виробництва (позначимо способи через $r_m = 1,2,\ldots,R_m)$ і відповідно декілька способів $\tilde{C}_m^{r_m}(t)$ представлення кінцевого виробу у вигляді комплектуючих виробів і процесів збірки. При цьому можливо, що перелік комплектуючих виробів і процесів збірки будуть різними для різних способів виробництва m-го виробу, але частково можуть і збігатися.

Аналогічна ситуація може мати місце і для інших кінцевих галузевих виробів. Тоді необхідно, по-перше, скласти розширений список $i^* \; (i^* = 1,2,\ldots,I^*)$, у якому мають бути враховані всі можливі підсистеми і процеси збірки для різних способів виробництва різних кінцевих виробів, а по-друге, для кожного r_m-го способу побудувати вектор $\tilde{C}_m^{r_m}(t)$ використання елементів розширеного списку i^* при виробництві одиниці m-го виробу за r_m-му способом. Далі кожен m -й стовпчик матриці $C(t)$ «розщеплюється» на R_m що підряд стоять стовпців $\tilde{C}_m^{r_m}(t)$ (при цьому кількість стовпців матриці збільшується на R_m —1). Одночасно компоненту $Y_m(t)$ вектора $Y(t)$ «розщеплюється» на R_m підряд стоячих компоненту $Y_m^1(t),\ldots,Y_m^{r_m}(t),\ldots,Y_m^{R_m}(t)$ [розмірність вектора $Y(t)$ також збільшується на R_m — 1], кожна з яких означає величину випуску m-го виробу по певній технологічній схемі. Виконаємо такі «розщеплювання» для всіх кінцевих галузевих виробів m = 1, 2, . . ., M. Тоді для розрахунку виробництва продукції підприємствами по всіх позиціях розширеного списку i^* можна скористатися співвідношенням

$$X^{\sum}_{розш}(t) = C_{розш}(t) Y_{розш}(t) \tag{7}$$

Де $Y_{розш}(t)$ має розмірність $\sum_{m=1}^{M} R_m$, а матриця $C_{розш}(t)$ має розмір $1^* \times \sum_{m=1}^{M} R_m$. При цьому необхідно пам'ятати, що фактичне виробництво m-го кінцевого виробу галуззю дорівнює сумі по всіх способах виробництва:

$$Y_m(t) = \sum_{r_m=1}^{R_m} Y_m^{r_m}(t) \qquad (8)$$

При плануванні виробництва продукції галуззю розподіл величини $Y_m(t)$ випуску m-го виробу на виробництво по різних способах $Y_m^{r_m}(t)(r_m = 1,2,\dots,R_m)$ або може проводитися на основі заданих заздалегідь вагових коефіцієнтів способів $d_{r_m}(t)$ тоді

$$Y_m^{r_m}(t) = d_{r_m}(t) Y_m(t), \sum_{r_m=1}^{R_m} d_{r_m}(t) = 1, d_{r_m}(t) \geq 0, \qquad (9)$$

або величина сумарного випуску $Y_m(t)$ і величини випуску за кожним способом можуть бути визначені в результаті рішення самої задачі планування. Відмітимо, що коефіцієнти $d_{r_m}(t)$ можуть бути використані для завдань по випуску різних модифікацій і підвидів m-го виду кінцевої продукції (з різними способами виробництва зв'язуються різні модифікації або підвиди продукції). Величини $d_{r_m}(t)$ або кордони їх зміни визначаються тоді заздалегідь, на стадії формування програми-заявки $Y(t)$, в результаті діалогу між отримувачем продукції і галуззю-виробником. Таке обговорення є одним з елементів процесу постановки завдання планування. Фактично тут відбувається збільшення числа компонент вектора $Y(t)$. При цьому деякий узагальнений (або раніше свідомо агрегований) вид продукції диференціюється на підвиди (модифікації або більш, докладний перелік конкретних зразків продукції) в процесі детальнішого, ніж на попередніх етапах планування, обговорення.

Використовуючи співвідношення для обчислення $X^{\sum}(t)$ [або $X^{\sum}_{розш}(t)$] можна по будь-якому вектору кінцевої галузевої продукції $Y(t)$ [або

$Y_{розш}(t)$] визначити випуск продукції в номенклатурі підприємств, необхідний для забезпечення випуску $Y(t)$. Це дає дані для зіставлення виробничих можливостей галузі і необхідного випуску кінцевої галузевої продукції. При цьому враховується можливість постачань деяких комплектуючих виробів з суміжних галузей.

Розглянемо зв'язок, який існує між галузевою матрицею комплектації $C(t)$ і матрицями прямих і повних витрат балансових моделей[9]. Для цього спочатку визначимо деякі підмножества в безлічі компонент списку кінцевої галузевої продукції $\{m\}$ і в безлічі компонент списку комплектуючих виробів $\{i\}$. Хай $\{m\}^З$ — підмножина завершених кінцевих галузевих виробів з безлічі $\{m\}$. Ніякий з елементів підмножини $\{m\}^З$ немає компонентної (не входить в склад) ніякого іншого галузевого виробу. Хай, далі, $\{m\}^р$ — підмножина кінцевих галузевих виробів з безлічі $\{m\}$ таке, що будь-який елемент цієї підмножини входить в склад хоч би один більш складного кінцевого галузевого виробу, але поставляється галуззю замовникам також і у вигляді «розсипу».

Позначимо через $\{i\}^{ВН} \subset \{i\}$ підмножина видів комплектуючих виробів, використовуваних в галузі тільки для внутрішнього споживання і що не поставляються галуззю зовнішнім споживачам.

Тепер можна записати співвідношення, наступні з сенсу певних підмножин:

$$\{m\}^З \cup \{m\}^p = \{m\}, \quad \{m\}^З \cap \{m\}^p = \varnothing, \quad \{m\}^p \subset \{i\},$$
$$\{m\}^З \cap \{i\} = \varnothing, \quad \{m\} \cap \{i\} = \{m\}^p,$$

(10)

$$\{i\} = \{i\}^{ВН} \cup \{m\}^p, \quad \{i\}^{ВН} \cap \{m\} = \varnothing$$

Визначимо повний список всіх виробів $\{\tilde{i}\}$ (кінцевих і комплектуючих), вироблюваних в даній галузі. Як випливає з викладеного вище

$$\{\tilde{i}\} = \{i\} \cup \{m\} = (\{i\}^{ВН} \cup \{m\}^p) \cup (\{m\}^p) \cup (\{m\}^З) = \{i\}^{ВН} \cup \{m\}^p \cup \{m\}^З$$

(11)

причому підмножини $\{i^{ВН}\}$, $\{m^{З}\}$ і $\{m^{P}\}$ не перетинаються. Вважатимемо, що елементи безлічі $\{\tilde{i}\}$ впорядковані так, що спочатку йдуть елементи підмножини $\{i^{ВН}\}$, потім елементи підмножини $\{m^{P}\}$ і, нарешті, елементи підмножини $\{m^{З}\}$.

Введемо вектори $\widetilde{X}(t)$ і $\widetilde{Y}(t)$ повного галузевого і кінцевого галузевого випуску з компонентами $\widetilde{X}_{\tilde{i}}(t)$ і $\widetilde{Y}_{\tilde{i}}(t)$ $(\tilde{i} = 1,2,\ldots,\tilde{I})$. Розмірність кожного з цих векторів рівна $|\{\tilde{i}\}| = |\{i^{ВН}\}| + |\{m^{P}\}| + |\{m^{З}\}|$. Відповідно до впорядкованості елементів безлічі $\{\tilde{i}\}$ вектори $\widetilde{X}(t)$ і $\widetilde{Y}(t)$ можна представити у вигляді сукупностей підвекторів відповідних розміреностей:

$$\widetilde{X}^{T}(t) = \left(\widetilde{X}^{T}_{\{\tilde{i}\}}(t), \widetilde{X}^{T}_{\{m^{З}\}}(t)\right) = \left(\widetilde{X}^{T}_{\{i^{ВН}\}}(t), \widetilde{X}^{T}_{\{m^{P}\}}(t), \widetilde{X}^{T}_{\{m^{З}\}}(t)\right),$$

$$\widetilde{Y}^{T}(t) = \left(\theta, Y^{T}(t)\right) = \left(\theta, \widetilde{Y}^{T}_{\{m^{P}\}}(t), \widetilde{Y}^{T}_{\{m^{З}\}}(t)\right), \qquad (12)$$

де $Y(t)$ — вектор кінцевого галузевого виробництва, компоненти якого природним чином також розділяються на «розсип» $\widetilde{Y}_{\{m^{P}\}}(t)$ і завершені вироби $\widetilde{Y}_{\{m^{З}\}}(t)$. Аналогічно вводиться вектор $\widetilde{X}^{CM.T}(t)$ постачань від суміжників:

$$\widetilde{X}^{CM.T}(t) = \left(\widetilde{X}^{CM.T}_{\{i\}}, 0\right), \quad \widetilde{X}^{CM.T}_{\{i\}}(t) = X^{CM}(T) \qquad (13)$$

Випишемо балансове співвідношення для векторів $\widetilde{X}(t)$, $\widetilde{Y}(t)$ і $\widetilde{X}^{CM.T}(t)$

$$\widetilde{X}^{CM.T}(t) + \widetilde{X}(t) = \widetilde{A}(t)\widetilde{X}(t) + \widetilde{Y}(t) \qquad (14)$$

Тут $\widetilde{A}(t)$ — номенклатурна матриця прямих витрат, елемент $\tilde{a}_{\tilde{i}\tilde{j}}(t)$ якій є питомою витратою $\tilde{i}$ -го вигляду продукції з безлічі $\{\tilde{i}\}$ на виготовлення $\tilde{j}$ -го виду продукції з $\{\tilde{i}\}$ (безпосереднього входження $\tilde{i}$ в $\tilde{j}$ при одному кроці розкомплектування).

Таким чином, дана галузь промисловості представляється формально у вигляді сукупності $|\{\tilde{i}\}|$ підгалузей, кожна з яких спеціалізована на випуску продукції одного вигляду (одній номенклатурній позиції) з безлічі $\{\tilde{i}\}$ [10]. Підгалузі та види продукції $\{\tilde{i}\}$ зв'язані взаємно однозначною відповідністю. Стовпець $\tilde{j}$ матриці $\tilde{A}(t)$ показує, скільки і яких виробів: з безлічі $\{\tilde{i}\}$ витрачається на виробництво одиниці $\tilde{j}$-го галузевого виробу («внутрішнього», «розсипи» або завершеного), тобто відображає ту, що входить інших виробів при одному кроці розкомплектування $\tilde{j}$-го виробу. Рядок $\tilde{i}$ матриці $\tilde{A}(t)$ показує, як витрачається $\tilde{i}$-й виріб при виробництві інших виробів із списку $\{\tilde{i}\}$ (відображає ту, що входить в інші вироби при одному кроці їх розкомплектування). З того, що останні $|\{n^{з}\}|$ компонент вектора продукції $\tilde{X}(t)$ не витрачаються при виробництві останніх компонент (за визначенням завершених виробів), витікає, що останні $|\{n^{з}\}|$ рядків матриці $\tilde{A}(t)$ є нульовими, тобто

$$\forall \tilde{i} \in \{n^{з}\}: \tilde{a}_{\tilde{i}\tilde{j}}(t) = 0, \forall \tilde{j} \in \{\tilde{i}\} \qquad (15)$$

В наслідку отримуємо

$$\tilde{X}(t) = (E - \tilde{A}(t))^{-1}(\tilde{Y}(t) - \tilde{X}^{CM}(t)), \qquad (16)$$

Де $(E - \tilde{A}(t))^{-1}$ номенклатурна матриця повних витрат.

З врахуванням також того, що $\{n\} = \{n^{р}\} \cup \{n^{з}\}$, а отже $\tilde{Y}_{\{n\}}(t) = Y(t)$ співвідношення перепишемо у вигляді

$$\begin{pmatrix} \tilde{X}^{CM}_{\{i\}}(t) + \tilde{X}_{\{i\}}(t) \\ \hline \tilde{X}_{\{n^{з}\}}(t) \end{pmatrix} = (E - \tilde{A}(t)^{-1}(y^{0}(t)) \qquad (17)$$

Уявимо матрицю повних витрат в наступному вигляді

$$(E-\widetilde{A}(t))^{-1}=\left\|\begin{matrix} B_{11}(t) & B_{12}(t) \\ \underbrace{B_{21}(t)}_{|\{i^{BH}\}|} & \underbrace{B_{22}(t)}_{|\{n\}|}\end{matrix}\right\| \begin{matrix}\}\{i\} \\ \}\{n^{з}\}\end{matrix}, \tag{18}$$

Де $B_{11}(t), B_{12}(t), B_{21}(t), B_{22}(t)$ — підматриці, розмірності з яких витікає, що

$$\widetilde{X}^{CM}_{\{i\}}(t)+\widetilde{X}_{\{i\}}(t)=\left\|B_{11}(t)B_{12}(t)\right\|(y^{0}(t)) \tag{19}$$

і тоді з урахуванням того, що вектор $X^{\Sigma}(t)$ рівний $\widetilde{X}^{CM}_{\{i\}}(t)+\widetilde{X}^{CM}_{\{i\}}(t)$, отримаємо

$$X^{\Sigma}(t)=B_{12}(t)Y(t) \tag{20}$$

тобто підматриця $B_{12}(t)$ номенклатурної матриці повних витрат $(E-\widetilde{A}(t))^{-1}$ є галузевою матрицею комплектації. Таким чином, $C(t)=B_{12}(t)$ для побудови $C(t)$ можна використовувати побудову номенклатурної матриці повних витрат. Аналогічно витікає, що

$$\widetilde{X}_{\{n^{з}\}}(t)=\left\|B_{21}(t)B_{22}(t)\right\|(y^{0}(t)) \tag{21}$$

Тобто

$$\widetilde{X}_{\{n^{з}\}}(t)=B_{22}(t)Y(t) \tag{22}$$

І так, як

$$Y^{T}(t)=\{\widetilde{Y}^{T}_{\{n^{П}\}}(t),\widetilde{Y}^{T}_{\{n^{з}\}}(t)\} \tag{23}$$

І

$$\widetilde{X}_{\{n^{з}\}}(t)=\widetilde{Y}_{\{n^{з}\}}(t) \tag{24}$$

(за визначенням завершеної продукції), отримуємо

$$\widetilde{Y}_{\{n^{з}\}}(t)=B_{22}(t)\begin{pmatrix}\widetilde{Y}_{\{n^{П}\}}(t) \\ \widetilde{Y}_{\{n^{з}\}}(t)\end{pmatrix} \tag{25}$$

Оскільки вектор $\widetilde{Y}_{n_3}(t)$ довільний, то з останнього співвідношення виходить, що перші $|n_p|$ стовпців підматриці $B_{22}(t)$ являються нульовими, а останні $|n_3|$ стовпців утворюють одиничну матрицю, тобто

$$B_{22}(t) = \|0E\| \tag{26}$$

Відмітимо тепер, що з сенсу поняття комплектації слідує, що номенклатурна матриця прямих витрат $\widetilde{A}(t)$ одночасно пере нумерацією рядків і стовпців може бути приведена до верхнього трикутного вигляду з нульовими елементами на головній діагоналі (тобто може бути приведена до строго трикутної матриці». Алгоритм пере нумерації виглядає так. На першому кроці з списку $\{\widetilde{i}\}$ виділяються всі елементи першого рівня (тобто ті елементарні комплектуючі вироби, в які не входить в якості комплектуючого жоден елемент з $\{\widetilde{i}\}$. Елементам першого рівня в довільному порядку привласнюються номери, починаючи з першого. Далі з елементів, що залишилися, виділяються всі елементи другого рівня (тобто ті, в які входять тільки елемент першого рівня). Їм привласнюються наступні по порядку номери. До третього рівня будуть віднесені ті елементи з тих, що залишилися, в які в якості комплектуючих входять лише елементи першого і другого рівнів. На k-му кроці виділяються елементи, в які в якості комплектуючих входять лише елементи, що відносяться до перших (k — 1) -м рівнів. Елементам кожного чергового рівня привласнюються наступні по порядку (після останнього рівня) номери. Алгоритм працює до повного вичерпання списку $\{\widetilde{i}\}$. Як безпосередньо виходить з викладеного, кількість кроків алгоритму (відповідне кількості рівнів) дорівнює максимальній глибині дерева послідовного розбирання виробів на складові елементи (тобто максимально довгому можливому ланцюжку послідовної комплектації). Оскільки при вказаному способі нумерації елементів списку $\{\widetilde{i}\}$ будь-який елемент при комплектації може входити тільки в елементи з великими номерами, то звідси відразу слідує строга верхня трикутність матриці $\widetilde{A}(t)$.

Із строгої верхньої трикутності матриці $\widetilde{A}(t)$ виходить, що матриця E — $\widetilde{A}(t)$ невироджена і, отже, має зворотну, причому ряд

$$(E - \widetilde{A}(t))^{-1} = E + \widetilde{A}(t) + \widetilde{A}^2(t) + \ldots + \widetilde{A}^k(t) + \ldots \tag{27}$$

містить кінцеве число ненульових членів. Невиродженість матриці Е — $\widetilde{A}(t)$ виходить безпосередньо з того, що її визначник дорівнює одиниці, оскільки $\widetilde{A}(t)$ — строго верхня трикутна матриця. Звідси відразу видно, що матриця Е — $\widetilde{A}(t)$ має єдину зворотну матрицю. Кінцевість матричного ряду виходить з того, що в матриці $\widetilde{A}^k(t)$ всі елементи, розташовані на діагоналі $i = j + k - 1$ і нижче за неї, нульові. Справедливість останнього твердження легко перевіряється по індукції. Дійсно, для k=1 це матриця $\widetilde{A}(t)$ з нулями на головній діагоналі. Тому для будь-якого її елементу $\widetilde{a}_{pj}(t)$ виконується $\widetilde{a}_{pj}(t) = 0$, якщо $p \geq j$, оскільки $\widetilde{A}(t)$ — строго верхня трикутна матриця. Передбачимо тепер по індукції, що твердження справедливе для к— 1, тобто для будь-якого елементу $\widetilde{a}_{ip}^{(k-1)}(t)$ матриці $\widetilde{A}^{k-1}(t)$ такого, що $i \geq j + k - 2$, виконується рівність $\widetilde{a}_{ip}^{(k-1)}(t) = 0$. Покажемо, що для k твердження теж справедливо, тобто для будь-якого елементу $\widetilde{a}_{ij}^{(k)}(t)$ матриці $\widetilde{A}^k(t)$ такого, що $i \geq j + k - 1$, має місце рівність $\widetilde{a}_{ij}^{(k)}(t) = 0$. Дійсно, так як

$$\widetilde{A}^k(t) = \widetilde{A}^{k-1}(t)\widetilde{A}(t), \tag{28}$$

то для будь-якого елементу матриці $\widetilde{A}^k(t)$ можна записати

$$\widetilde{a}_{ij}^{(k)}(t) = \sum_{T=1} \widetilde{a}_i^{(r-1)}(t)\widetilde{a}_{rj}(t) =$$

$$= \sum_{r=1}^{p+k-2} \widetilde{a}_{ir}^{(k-1)}(t)\widetilde{a}_{rj}(t) + \sum_{r=p+k-1} \widetilde{a}_{ir}^{(k-1)}(t)\widetilde{a}_{rj}(t) \tag{29}$$

Але всі коефіцієнти $\widetilde{a}_{ip}^{(k-1)}(t)$ у першій сумі дорівнюють нулю по припущенню. Отже

$$\widetilde{a}_{ij}^{(k)}(t) = \sum_{r=p+k-1} \widetilde{a}_{ir}^{(k-1)}(t)\widetilde{a}_{rj}(t) \tag{30}$$

Розглядаючи тепер тільки ті елементи $\tilde{a}_{ij}^{(k)}(t)$ матриці $\tilde{A}^k(t)$, для яких $i \geq j + k - 1$, переконуємося, що для цих елементів в останньому виразі всі коефіцієнти $\tilde{a}_{rj}(t)$ дорівнюють нулю, коли r набуває значень p+к—1, p+ к, p + к + 1,…, $\left|\tilde{i}\right|$. Звідси витікає, що $\tilde{a}_{ij}^{(k)}(t) = 0$, якщо $i \geq j + k - 1$. Твердження доведене.

Звідси безпосередньо отримуємо, що $k \geq \left|\tilde{i}\right|$ матриці $\tilde{A}^k(t)$ є свідомо нульовими і, отже, матричний ряд

$$E + \sum_k \tilde{A}^k(t) \tag{31}$$

має кінцеве число ненульових членів. Таким чином, точне обчислення матриці повних витрат $(E - \tilde{A}(t))^{-1}$ не представляє складної проблеми в даному випадку, тобто у разі, коли матриця $\tilde{A}(t)$ є матрицею безпосереднього входження комплектуючих виробів один в одного за один крок розбирання.

Висновки. Використання описаного вище способу побудови матриці комплектації $C(t)$ за допомогою матриці $\tilde{A}(t)$ доцільно у зв'язку з тим, що досить просто зібрати дані про ту, що безпосередній входить комплектуючих виробів один в одного при збірці, тобто про коефіцієнти матриці $\tilde{A}(t)$. Такою інформацією володіють безпосередньо підприємства, що виконують ці операції. В той же час при великій розмірності вектора галузевих комплектуючих виробів $\tilde{X}(t)$ у великій кількості рівнів входження виробів один в одного легко помилитися при безпосередній побудові коефіцієнтів матриці комплектації $C(t)$, оскільки це вимагає точного знання на рівні системи управління галуззю про всі ланки і етапи виробничого процесу створення кожного кінцевого галузевого виробу. А помилка із-за недостатньої інформованості може привести до того, що не буде заплановане виробництво «непомітного», але необхідного комплектуючого виробу, що у результаті зірве випуск складних і відповідальних кінцевих галузевих виробів. Практично в даний час детальну інформацію про використання комплектуючих виробів мають в своєму розпорядженні лише самі підприємства-виробники.

Проте безпосередня побудова і використання матриці комплектації $C(t)$ в тих випадках, коли це можна зробити без помилки, може виявитися зручнішою, ніж побудова матриці повних витрат і виділення потім її підматриці $B_{12}(t)$. Зокрема, відзначимо, що розмір матриці $C(t)$ рівний $I \times |\{m\}|$, а розмір матриць $\tilde{A}(t)$ і $(E-\tilde{A}(t))^{-1}$ рівний $(I \times |\{m\}^{3}|) \times (I + |\{m\}^{3}|)$. Отже, безпосередня побудова і використання матриці комплектації $C(t)$ може дати значну економію в розмірності і обчисленнях.

Відзначимо, що коефіцієнт $\tilde{a}_{ij}^{(k)}(t)$ матриці $\tilde{A}^{k}(t)$ показує, скільки комплектуючих елементів i-го вигляду входить в елемент j-го вигляду, віддалений від нього на k кроків послідовного розбирання. Таким чином, k-а ступінь матриці $\tilde{A}(t)$ є k -рівневе входження комплектуючих виробів один в одного. Дійсно, для k = 1 матриця $\tilde{A}(t)$ є матрицею тієї однорівневого входження (за її визначенням). Враховуючи, що

$$\tilde{a}_{ij}^{(k)}(t) = \sum_{p=1}^{|\{\tilde{i}\}|} \tilde{a}_{ip}^{(k-1)}(t)\tilde{a}_{pj}(t) \tag{32}$$

а елемент $\tilde{a}_{ip}^{(k-1)}(t)$ по припущенню задає (k— 1)-ту рівневу входимість, отримуємо, що $\tilde{a}_{ij}^{(k)}(t)$ має вказаний сенс.

Звідси можна зробити сильніше твердження щодо числа членів в розкладанні $(E-\tilde{A}(t))^{-1}$ по ступенях матриці $\tilde{A}(t)$: кількість членів в цьому розкладанні рівна h+ 1, де h — максимальна глибина комплектації, відповідно кількості рівнів входження елементів, отриманих в результаті роботи описаного вище алгоритму перенумерації елементів з безлічі $\{\tilde{i}\}$. Дійсно, оскільки матриця $\tilde{A}^{k}(t)$ визначає k-рівневе входження, то при k > h всі матриці $\tilde{A}^{k}(t)$ - нульові.

Нарешті, з представлення матриці повних витрат $(E-\tilde{A}(t))^{-1}$ у вигляді кінцевого ряду $E+\tilde{A}(t)+\tilde{A}^{2}(t)+\ldots$ і з того, що всі матриці $\tilde{A}^{k}(t)$ є суворо верхніми трикутними (по доведеному вище), безпосередньо витікає, що матриця $(E-\tilde{A}(t))^{-1}$ у даному випадку є верхньою трикутною з одиницями на головній діагоналі.

Перспективи подальших досліджень. Відповідно до принципів програмно-цільового планування розроблені і з єдиних позицій описані комплекс математичних моделей і система планових процедур, що забезпечують формування і узгодження програм розвитку потужностей і програм виробництва продукції в галузях що відрізняються великою номенклатурою кінцевої галузевої продукції, великою номенклатурою комплектуючих виробів, багатократною вкладеністю комплектуючих виробів один в одного та в кінцеві галузеві вироби, спеціалізацією підприємств по виробництву окремих виробів, багато ступінчастістю і розповсюдженістю процесів виробництва кінцевих галузевих виробів по підприємствах галузі (як наслідок їх спеціалізації по окремих вузлах і операціях), наявністю альтернативних варіантів спеціалізації і кооперації підприємств, наявністю альтернативних варіантів розвитку виробничих можливостей підприємств авіаційної галузі.

Список використаних джерел

1. Галілейський Д.Ф. Шляхи оновлення парку далекомагістральних та середньо-магістральних літаків/Проблеми системного підходу в економіці.: Сб. науч. трудов: вип. №5. – К.:НАУ,2001. – с.105-111.

2. Вурос А., Розанова Н. Экономика отраслевых рынков. – М.,2000. – Гл.5;

3. Бялковская В.С. Планирование межотраслевых производств. – М.:Экономика,1977;

4. Панченко В.Н. Механізм відтворення та підвищення віддачі основного капіталу авіапідприємств. – К.: Фенікс, 2002. – 364с.;

5. Dennis W. McLeavey. Quantitative Methods for Investment Analyses; AIMR; Charlottesville; Virginia: USA; August 1, 2001. – 664p.

6. Michael W. Peng. Business Strategies In Transition Economies (International Business series) : SAGE Publications, October 11, 1999;

7. Sergio M. Focardi, Frank J. Fabozzi. The Mathematics of Modeling and Investment Management; John Wiley & Sons; Hoboken; New Jersey; March19, 2004. - 800p.

8. Paul Hawken. Natural Capitalism : Creating the Next Industrial Revolution : Back Bay Books, 1st edition, October 2000.

9. Mark Dougan. A Political Economy Analysis of China's Civil Aviation Industry (East Asia: History, Politics, Sociology and Culture), Routledge, August 30, 2002;

10. Kennet Button, Kingsley Haynes, Roger Stough. Flying into the Future: Air Transport Policy in the European Union, Edward Elgar Pub, June 1, 1998