

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Крутов Г.В.

к.т.н, доцент, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

1. Мотиваційний механізм управління енергоспоживанням виробничих логістичних систем промислових підприємств

Енергоефективність та енергозбереження є пріоритетними напрямками енергетичної політики більшості країн світу. Актуальність проблеми енергозбереження в Україні обумовлюється високою енергоємністю виробництва, значною залежністю від імпорту енергоносіїв [1]. Причиною високої енергоємності є застаріле та енерговитратне обладнання значної частини вітчизняних підприємств, відсутність достатніх фінансових ресурсів для модернізації обладнання, розпорошеність законодавчої бази, низька ефективність менеджменту. Для ефективною реалізації енергозберігаючої стратегії на рівні підприємств питання енергозбереження повинні розглядатися не як окрема (самостійна) функція якого-небудь відділу або служби, а як невід'ємний елемент діяльності всього підприємства в цілому. Концепція управління енергозбереженням повинна стати однією із основних складових системного підходу до керування підприємством на всіх рівнях управління.

Безумовно, що енергозберігаюча стратегія потребує значних капіталовкладень на сучасні технології, переозброєння сучасним енергозберігаючим обладнанням, енергозберігаючі будівельні матеріали і т.п. [2]. Іншим важливим напрямом енергозбереження слід вважати ефективне поточне управління виробничими процесами (виробничий менеджмент), орієнтоване в тому числі на енергозбереження.

В нинішніх умовах економічної кризи спостерігається різке зменшення обсягів виробництва і збуту продукції промисловості, зокрема в металургійній та гірничорудній галузях. Серед домінуючих тенденцій, що однаковою мірою визначають поточний стан української і світової економік особливо характерними є посилення конкурентної боротьби не тільки на сировинних, а й на товарних ринках. Падіння загальних обсягів попиту на продукцію промисловості на світових ринках супроводжується перерозподілом сегментів ринків на користь виробників, які здатні забезпечити конкурентоздатність своєї продукції, перш за все за рахунок прийнятної цінової пропозиції. Зменшення продуктивностей підприємств, пов'язане із кон'юнктурними змінами на світових (в тому числі і на українському) ринках, призводить до змін у структурі собівартості продукції з тенденцією її підвищення за рахунок питомих постійних витрат, які зростають зі зменшенням обсягів виробництва. Але зниження обсягів дає можливість більш ефективно використовувати

існуючі потужності для організації виробничих процесів з мінімізацією поточних змінних витрат, в тому числі й енергетичних.

Відомо, що енерговитрати в структурі собівартості українського національного продукту складають значний відсоток порівняно з економічно розвиненими країнами [3]. Енергоемність українського валового внутрішнього продукту (ЕВВП) перевищує також аналогічні показники деяких країн-конкурентів відносно експортноорієнтованої продукції українського виробництва.

Згідно з оцінками Міжнародного Енергетичного Агентства, величина потенціалу енергозбереження в Україні дорівнює 48 %. Зрозуміло, що раціональному енергоспоживанню та енергозбереженню в Україні слід приділити першочергову увагу, розробляючи стратегічні плани і мотиваційні механізми правового забезпечення програми енергоефективності.

Актуальність вирішення питань енергоефективності змушує керівників і власників промислових підприємств створювати служби енергоменеджменту, діяльність яких полягає в розробці та впровадженні енергозберігаючих заходів, проведенні необхідних для аналізу ефективності енергоспоживання вимірів, аналізі і складанні енергобалансів. Першочерговими завданнями служби енергоменеджменту на етапі становлення є визначення фактичних рівнів питомих витрат енергетичного ресурсу на виробництво; виявлення ситуацій з неефективного використання енергоресурсів; визначення підрозділів, що спрацювали найкраще (для подальшого їх заохочення); розроблення карти енергоспоживання всіх ланок технологічного процесу, з'ясування "вузьких місць".

Але зрозуміло, що ефективність служби енергоменеджменту залежить в значній мірі від можливостей реалізації розроблюваних заходів, більшість із яких потребують значних інвестиційних капіталовкладень (модернізація застарілого енерговитратного виробництва, оснащення сучасною інформаційно-вимірювальною апаратурою і т.і.). В сьогоденних умовах інвестиційні ресурси обмежені. Тому на перший план в питаннях підвищення енергоефективності постають задачі організаційно-технічного вдосконалення виробництва. Це обумовлено можливостями гнучкого планування та оперативного коригування технологічних процесів в умовах зниження продуктивності виробництва.

Питанням енергоменеджменту сьогодні приділяється значної уваги в українських і закордонних публікаціях. Енергетичний менеджмент – це нова галузь знань і досвіду людини, бурхливе формування якої ми зараз спостерігаємо. Народившись в розвинутих країнах Західної Європи, США та Японії в 70-х роках ХХ сторіччя, як шлях до подолання енергетичної кризи та побудови енергоефективної економіки, ця нова самостійна система знань дуже активно розвивається практично у всіх країнах світу. Вона є синтезом гуманітарних та технічних знань і досвіду, тобто енергетичний менеджмент формується на перехресті менеджменту та технологій [4].

Термін «енергетичний менеджмент» застосовується в технічній, науково-

популярній літературі для різних рівнів організації суспільства. З усього досвіду використання цього терміну можна класифікувати два рівня: (1) макрорівень: на міжнародному рівні, в державі, галузі економіки, регіоні, області, місті; (2) мікрорівень: підприємство, організація, установа, фірма, соціально-адміністративні об'єкти (лікарні, школи, театри і т.п.), приватний дім, сімейство.

Енергозберігаючі технології в працях сучасних вчених і фахівців розглядаються в різних аспектах: макроекономічному, правовому, технологічному. Для впровадження механізмів енергозбереження розроблено взаємопов'язані елементи управління в системі енергоменеджменту: енергетичний аудит (Energy Audit); інтегроване ресурсне планування (IRP); управління енерговикористанням з боку споживача (DSM); управління енерговикористанням з боку енергопостачальної компанії (Supply side management – SSM or Supply side planning - SSP); контроль та нормалізація енергоспоживання (Monitoring & Targeting – M&T); верифікація вихідних даних і результатів (Data & Results Verification – Verification Protocol).

Значну долю в енергобалансах промислових підприємств гірничо-металургійного профілю складають електроенергетичні витрати. Структурою електроенергетичних тарифів для промислових підприємств (табл.1) закладено мотиваційний механізм регулювання енергоспоживання в добовому циклі, враховуючи значну диференціацію тарифу в добовому циклі споживання електроенергії.

Таблиця 1

Тарифи для промислових підприємств, коп/кВт.год (з ПДВ)

Найменування показника (нормативний документ)	Клас споживача	Період часу	Величина показника
Двоближні тарифи, диференційовані за періодами часу (постанова НКРЕ від 20.12.01 № 1241 із змінами і доповненнями)	1 клас	Нічний	50,18
		Денний	258,08
	2 клас	Нічний	58,17
		Денний	299,16
Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу (постанова НКРЕ від 20.12.01 № 1241 із змінами і доповненнями)	1 клас	Нічний	35,85
		Напівпіковий	146,28
		Піковий	258,08
	2 клас	Нічний	41,55
		Напівпіковий	169,52
		Піковий	299,16

Такий мотиваційний механізм передбачає перерозподіл продуктивності (а одночасно й енергоспоживання) з часів максимальних навантажень в енергосистемі з підвищеним рівнем тарифу на непікові часи споживання (переважно часи «нічного провалу»).

Зважаючи на те, що більшість виробництв гірничо-металургійної галузі –

це виробництва з цілодобовим графіком роботи, такий перерозподіл продуктивності стає можливим саме за умов зниження загальної продуктивності, в тому числі у зв'язку з падінням попиту на світових і внутрішньому ринках. У виробничому циклі спостерігаються резерви часу, обумовлені недостатньою інтенсивністю фактичних продуктивностей ділянок технологічного процесу відносно їх номінальних потужностей, зменшенням коефіцієнту завантаження обладнання. Крім того, можливість регулювання виробничих процесів обумовлена наявністю в технологічних ланцюжках акумулюючих ємностей (складів) технологічного продукту. Наприклад, для гірничорудного виробництва – це підземні та поверхневі рудні та породні бункери, бункерні ємності дробильно-сортувальних і рудозбагачувальних фабрик, для металургійного виробництва – це проміжні склади металовиробів на стику виробництв металургійних переділів.

Управління в режимі регулювання енергоспоживання забезпечується координацією періодів роботи й пауз (або роботи зі зниженою продуктивністю) з періодами максимумів енергосистеми (піковими періодами) й міжпіковими періодами. Одночасно відбувається цілеспрямоване регулювання подачі й витрати технологічного продукту, тобто регулюється рівень заповнення ємностей.

Якщо величина акумулюючої ємності дозволяє накопичувати технологічний продукт протягом усього періоду максимуму, а продуктивності установок, сполучених з ємністю, забезпечують перекачування всього технологічного продукту, з ємності протягом наступного міжпікового періоду, то технологічні установки можуть бути відключені на весь період максимуму. Однак ці умови не завжди дотримуються. Це значить, що установки можуть відключатися тільки на частину часу періоду максимуму енергосистеми або працювати зі зниженою продуктивністю протягом усього періоду максимуму з відповідно зменшеним споживанням електроенергії.

Для з'ясування стратегії керування технологічним об'єктом, сполученим з ємністю, розглянемо рівняння балансу технологічного продукту на стику акумулюючої ємності і об'єкта. Зміна обсягу заповненої частини акумулюючої ємності повинна дорівнювати різниці надходжень і витрати продукту з ємності

$$V(t_K) - V(t_{II}) = \int_{t_{II}}^{t_K} [q_1(t) - q_2(t)] dt, \quad (1)$$

де t_{II}, t_K - моменти часу відповідно початку й кінця досліджуваного проміжку часу; $V(t_{II}), V(t_K)$ - значення обсягів заповненої частини акумулюючої ємності відповідно для початку й кінця проміжку часу; $q_1(t)$ - графік надходження технологічного продукту в ємність; $q_2(t)$ - графік витрати технологічного продукту з ємності.

Завдання керування об'єктом полягає в тому, щоб знайти такий графік

$q_2(t)$, який би забезпечив мінімально можливе навантаження об'єкта регулювання протягом пікового періоду. Для режиму роботи об'єкта в передпіковий період ця умова буде виконуватися, якщо до початку наступного пікового періоду кількість технологічного продукту в ємності буде становити мінімально можливу величину. Тобто умовою роботи об'єкта в передпіковий період повинно бути

$$V(t_{П.М.}) \rightarrow V_{\min}, \quad (2)$$

де $t_{П.М.}$ - момент часу початку пікового періоду енергосистеми.
Тоді для міжпікового періоду

$$V_{\min} = V(t_{П.}) + \int_{t_{П.}}^{t_{П.М.}} [q_1(t) - q_2(t)] dt. \quad (3)$$

Навіть при відомому графіку $q_1(t)$ інтегральне рівняння (3) відносно $q_2(t)$ має нескінченну безліч рішень. Для знаходження графіка керуючих впливів $q_2(t)$ необхідна наявність додаткових умов. Рішення рівняння можна шукати у вигляді

$$q_2(t) = q_1(t) + \Delta, \quad (4)$$

де Δ - постійна складова.
Неважко переконатися, що

$$\Delta = (V(t_{П.}) - V_{\min}) / (t_{П.М.} - t_{П.}).$$

У цьому випадку графік керуючого впливу буде повторювати графік надходження технологічного продукту в ємність із корекцією постійною складовою, що залежить від початкових умов регулювання. Такий спосіб керування вимагає безперервного вимірювання продуктивності надходження технологічного продукту в ємність і вимірювання кількості продукту (рівня), що знаходиться в ємності.

Однак реалізація керуючих впливів відповідно до (4) пов'язана з можливими коливаннями керуючих впливів об'єкта, що в остаточному підсумку приводить до нераціонального використання встановленого устаткування, необхідності завищення номінальних потужностей об'єктів.

Для того щоб повною мірою використовувалися технологічні функції акумулюючих ємностей необхідно прагнути, щоб режими роботи об'єктів були якнайбільш стабільними, а коливання вантажопотоків згладжувалися за рахунок наповнення продукту в ємностях. Таким чином, найбільш

раціональний режим керуючого впливу: $q_2 = const$. Рішення рівняння (3) за умови $q_2 = const$ дає

$$q_2 = \frac{1}{t_{П.М.} - t_{П.}} \int_{t_{П.}}^{t_{П.М.}} q_1(t) dt + \frac{V(t_{П.}) - V_{\min}}{t_{П.М.} - t_{П.}} \quad (5)$$

Це рішення відрізняється від рішення (4) першим доданком. Перший доданок у рішенні (5) прагне до величини математичного очікування $q_1(t)$. Таким чином, для реалізації режимів регулювання об'єкта, згідно (5) необхідно виміряти ступінь заповнення (рівень) технологічного продукту в ємності й знати величину математичного очікування q_{1cp} продуктивності надходження продукту в ємність. Стратегія керування протягом пікового періоду повинна забезпечувати мінімально можливе навантаження

$$\int_{t_{П.М.}}^{t_{К.М.}} q_2(t) dt \rightarrow \min$$

де $t_{К.М.}$ - момент часу закінчення пікового періоду енергосистеми.

Обмеження "знизу" величини $q_2(t)$ повинне забезпечувати можливість ємності акумулювати вхідний технологічний продукт. Рівняння для обмеження має вигляд рівняння балансу надходження-витрат технологічного продукту

$$V_{\max} \leq V_{KM} = V(t_{П.М.}) + \int_{t_{П.М.}}^{t_{К.М.}} [q_1(t) - q_2(t)] dt \quad (6)$$

де V_{\max} - максимальне значення обсягу (максимальний рівень) технологічного продукту в ємності.

Середня величина керуючого впливу, необхідна для забезпечення умови (6), дорівнює

$$q_{2cp} = \frac{1}{t_{К.М.} - t_{П.М.}} \int_{t_{П.М.}}^{t_{К.М.}} q_1(t) dt + \frac{V_{\min} - V_{\max}}{t_{К.М.} - t_{П.М.}}$$

Якщо абсолютна величина другої складової більше першої, то керуючий сигнал $q_2(t)$ може дорівнювати нулю протягом усього пікового періоду.

На рис. 1 і рис. 2 наведено технологічну схему і графіки регулювання енергоспоживання і продуктивності ланок технологічного процесу із випадковими значеннями вантажопотоків q_1, q_2, q_3 . Ці графіки підтверджують

ефективність розроблених заходів керування установками технологічного комплексу з акумулюючими ємностями.

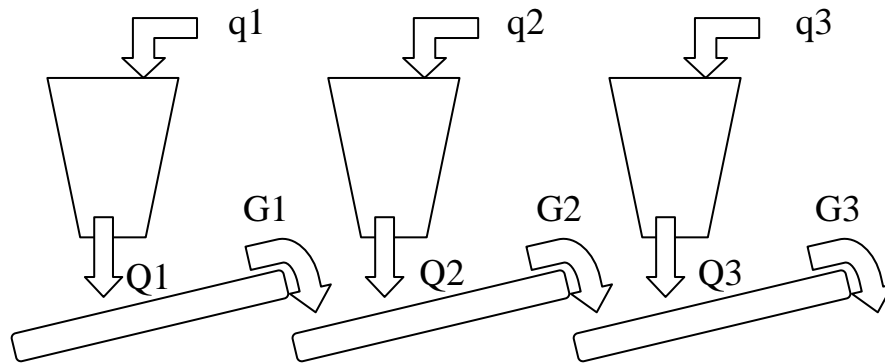


Рис. 1. Технологічна схема транспортування і переробки продукту

Особливості електроенергетичного тарифу, таким чином, створюють мотиваційний механізм організації виробничих процесів з позапіковим енергоспоживанням. Технологічна вірогідність такого режиму енергоспоживання зростає при зменшенні загальних обсягів виробництва, в тому числі в умовах падіння попиту на продукцію промисловості.

2. Логістична концепція організації виробничих процесів гірничо-збагачувальних підприємств на засадах енергозбереження

Проблемам управління виробництвом з позицій логістики присвячено достатню кількість публікацій і наукових праць. Широко відомі методи управління виробництвом, які об'єднані в групу методів залежного попиту, на основі яких розроблено систему планування потреб в матеріалах, деталях і вузлах (системи MRP, MRP II) [7]. Якщо методи залежного попиту використовують в розподільчій сфері, їх називають методами планування розподілення ресурсів (DRP). Ці методи базуються на детальному плануванні виробництва на певний термін, включаючи планування потреб в сировині, матеріалах, комплектуючих. Методи MRP допускають в цілому можливість корегування планів, але не в оперативному режимі. Впродовж певного терміну, який називають «часовим бар'єром», корегування заборонено. Часовий бар'єр дозволяє сегмент виробничого графіка визначати як «не підлягаючий реплануванню». Це знижує гнучкість системи, її здатність адекватно реагувати на оперативні (короткотермінові) зміни.

Системи MRP відомі як «штовхаючі» логістичні системи управління виробництвом. Іншим варіантом виробничих логістичних систем є «тягнучі» системи управління, які в більшій мірі, ніж MRP, орієнтовані на попит. Найбільш відома «тягнуча» логістична система під назвою «КАНБАН» (з японської – карточка). Ця система, а також її модифікації, сприяють зменшенню складських запасів і передбачають регулювання руху в логістичній системі за допомогою карток.

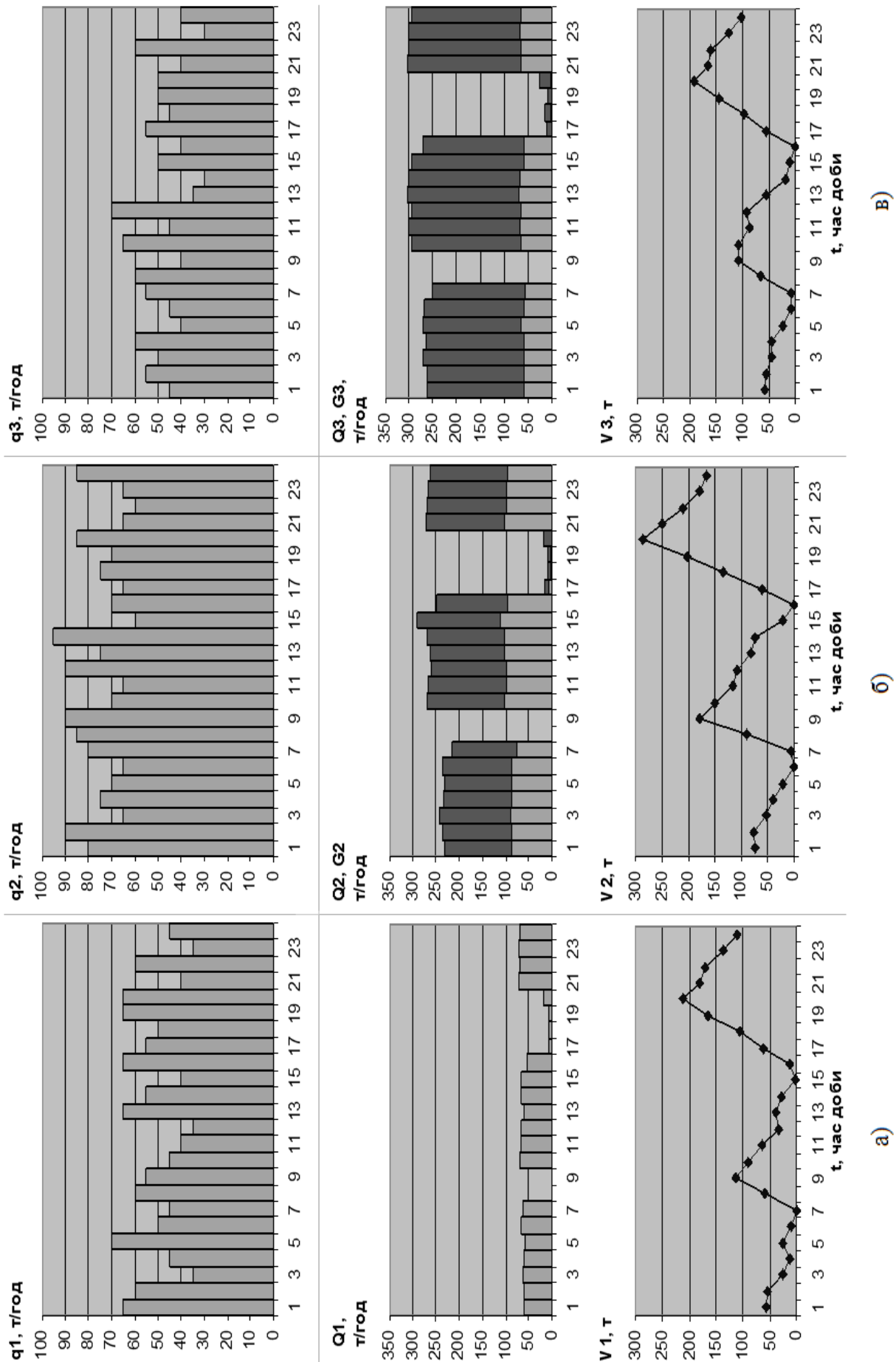


Рис. 2. Графіки зміни технологічних параметрів ланок технологічної системи при регулюванні енергоспоживання:
а) першої ланки; б) другої ланки; в) третьої ланки

Картки сигналізують про наявність потреби в продукті (напівфабрикатах, матеріалах, сировині) від попередньої ланки технологічного ланцюжка. Такі системи повинні працювати дуже ритмічно, адже виникнення дефіциту в певній її частині одразу впливає на роботу в цілому. Недоліком таких систем є відсутність прогнозування попиту, особливо в короткостроковій перспективі, що викликає можливість зниження пропускнуєї спроможності таких систем при короткотермінових змінах попиту.

Відомі також системи і моделі управління запасами [8]. Основою таких моделей є визначення оптимального розміру і частоти поповнення складських запасів. Оптимальний розмір запасів визначається за умов мінімізації сукупних витрат на постачання і складування. Зростання величини замовлення в цілому зменшує питомі витрати на постачання, але збільшує витрати на зберігання. Таким чином, в умовах сталої цінової кон'юнктури і постійного попиту забезпечується оптимальний ритм поповнення запасів. Регулювання переважно здійснюється за принципом «максимум-мінімум», за якого запаси витрачаються до рівня не нижчого їхньої мінімальної величини, але після надходження чергової партії не можуть бути більшими за встановлену максимальну величину. В зв'язку з цим корегують термін поповнення запасів із розрахунку забезпечення підготовчого і страхового запасу та запасу на час від моменту оформлення замовлення до надходження матеріалів. Модифікації цієї моделі відомі як «визначення точки перезамовлення», «модель з резервним запасом», «модель з дисконтуємою кількістю», «системи з фіксованим періодом». Недоліком цих моделей стосовно виробничих логістичних систем є відсутність скоординованого по всьому виробничому ланцюжку системного управління ланками логістичної системи, а також відсутність функції прогнозування попиту.

Характерною рисою сучасного ринку є змінний характер попиту на продукцію підприємств. Це обумовлено високою ціновою конкуренцією на ринку більшості товарів, що виробляються, високим рівнем спеціалізації сучасного виробництва, використанням різних цінових стратегій підприємством в різні етапи життєвого циклу продукції, іншими чинниками. Нерівномірність руху матеріального потоку підсилюється недоліками в управлінні ним (тобто недоліками в організації виробництва), незадовільною роботою менеджерів. Вирішенню проблеми нерівномірності попиту сприяє ефективна робота з укладання контрактів з чітким визначенням і дотриманням термінів поставок продукції. Але за умов сформованого для більшості товарів ринку покупця, тобто такого ринку, на якому більше влади мають покупці, виробники змушені формувати портфель замовлень за принципом «від замовника» із залученням як постійних і надійних споживачів, так і випадкових (поточних) замовлень. Це в більшості випадків не дозволяє менеджерам збалансувати портфель замовлень на умовах рівномірного графіку виробництва. Динамізм сучасних економічних процесів, швидкоплинні зміни кон'юнктури ринку формують випадковий (змінний) характер попиту на продукцію більшості підприємств. Як свідчить практика, змінність попиту

характерна як для довгострокових так і для короткострокових (оперативних) періодів планування.

Незважаючи на зазначені чинники, сучасне виробництво вимагає організації руху матеріального потоку за логістичним принципом «точно в термін» (JIT). Цей принцип вимагає від виробника високої дисципліни поставок і відповідної якості продукції і має на меті мінімізацію складських запасів у споживача, що забезпечить якнайшвидше просування матеріального потоку до кінцевого споживача, а відтак зменшення логістичних витрат і оборотних коштів по всьому ланцюжку виробництва й розподілу.

В цих умовах підвищення ефективності управління виробничими процесами забезпечується вирішенням двох взаємопов'язаних задач: 1) управлінням продуктивністю технологічних ланок; і 2) управлінням запасами на стиках ланок технологічного процесу [5].

На рис. 3 наведено загальну логістичну схему, за якою організовано більшість виробництв самих різних галузей: гірничо-видобувної, хімічної, металургійної, машинобудівної та інших. Для спрощення виробництво представлено трьохланковою структурою, на вхід якої надходить основний матеріальний потік з продуктивністю Q_1 . Цей потік в залежності від конкретного виробництва також може надходити із складських запасів підприємства V_0 (запаси сирової руди, хімічної сировини, залізорудної сировини, поковок для механічної обробки і т. і.), які поповнюються ззовні на умовах контрактів на постачання ($Q_{вх}$). Кожна виробнича ланка представлена безпосередньо виробничою дільницею, яка має номінальну виробничу потужність Π^i і складською дільницею, яка має максимальний об'єм V^i . Остання за ланцюжком складська дільниця V_3 виконує функцію складу готової продукції підприємства.

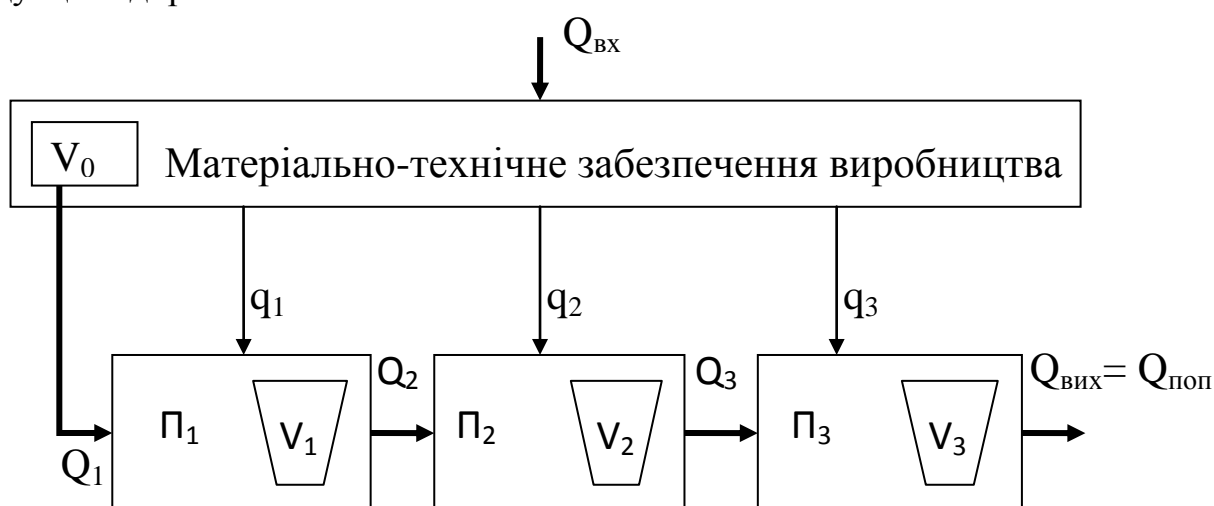


Рис. 3. Блок-схема виробничої логістичної системи

На вхід кожної ланки виробництва також поступає додатковий матеріальний потік q_i (витратні матеріали, комплектуючі, енергоресурси і ін.) для забезпечення виробництва, який представлено як вектор асортименту

необхідних забезпечуючих ресурсів ланки. Цей додатковий матеріальний потік в умовах конкретної технології синхронізується із матеріальним потоком Q_i

$$q_i = k_i Q_i$$

де k_i - вектор-коефіцієнт ресурсів додаткового матеріального потоку, який залежить від технології виробництва конкретної ланки.

Вихідний матеріальний потік $Q_{вих.}$ в загальному виді є величиною випадковою, яка залежить від умов, що вимагаються логістичною організацією виробництва і постачання. Також на випадковість характеру $Q_{вих.}$ впливають різні виробничі чинники: змінність роботи суміжників, наявність або розміри складів посередників, необхідність профілактичного ремонту, фактична надійність роботи обладнання і т. і.

Одним із основних критеріїв регулювання продуктивності всієї логістичної системи і кожної ланки окремо є забезпечення стабільності роботи системи, тобто максимально рівномірного графіка, а також надійності функціонування кожної ланки. В виробничих умовах ці питання вирішуються як за рахунок наявності резерву потужностей виробничих ланок, так і за рахунок наявності складських запасів. Але забезпечення надлишкових виробничих потужностей ланок Π_i , так само як і надлишкових складських потужностей V_i , пов'язано із додатковими капітальними витратами, що не є доцільним, якщо загальні обсяги виробництва в довготерміновому періоді не збільшуються. В цьому випадку підвищення ефективності виробничої логістичної системи доцільно забезпечувати шляхом оптимізації оперативного управління продуктивністю ланок виробничого процесу, спираючись на резерви саме існуючих потужностей.

Оптимізація роботи виробничої логістичної системи базується на оперативному аналізі і оцінці статистичних характеристик вихідної продуктивності системи $Q_{вих.}$ і прогнозуванні її значень на певний (оперативний) термін упередження. Керованими змінними логістичної системи управління є продуктивності надходження матеріального потоку до ланок Q_i і продуктивності виробництва ланок – Q_{i+1} . У зв'язку з тим, що керовані змінні безпосередньо впливають на поточну кількість продукту, що знаходиться на складській ділянці ланки V_i пот., система управління продуктивністю може бути представлена як система управління поточними запасами $V_{ipot.}$ за умов забезпечення необхідної вихідної продуктивності $Q_{вих.}$. Оптимізація управління повинна передбачати як необхідність забезпечення поточного попиту на готову продукцію ($Q_{вих.} = Q_{поп.}$), так і максимізацію пропускнуєї спроможності системи в майбутніх циклах управління. Тобто заповнення складів V_i поточними кількостями продуктів V_i пот. не повинно бути настільки високим, щоб при можливому зниженні попиту $Q_{поп.}$ підвищити ризик зупинення попередньої ланки внаслідок V_i пот. $> V_i$. Також V_i пот. не повинно бути настільки низьким, щоб при можливому збільшенні попиту не забезпечити наступну ланку потребою, обумовленою $Q_{вих.}$, якщо така потреба

в короткотерміновому періоді перевищує номінальну продуктивність Π_i .

Безумовно, що така оптимізація залежить від максимальних об'ємів V_i і резервів продуктивностей ланок $k_{рез.i} = \Pi_i / Q_i$ очік.,

де Q_i очік. – математичне очікування продуктивності i -ї ланки логістичної системи.

При цьому перерозподіл продуктивностей Q_i на кожному кроці управління повинен враховувати оптимальність завантаження всіх попередніх і наступних ланок системи.

З погляду дотримання вимог технології коефіцієнти завантаження ланок технологічного процесу і ступінь заповнення складів можуть бути довільними. Обов'язковою є тільки вимога забезпечення попиту $Q_{вих..} = Q_{поп.}$, враховуючи логістичний принцип ЛТ. Наявність резервів $k_{рез.i}$ і складських потужностей V_i додає гнучкості виробничій системі і зміцнює її надійність. Але актуальність оптимального поточного управління обумовлена саме намаганням зменшити ці резерви за рахунок підвищення загальної продуктивності системи. Така тенденція є закономірною, адже збільшення обсягів виробництва при наявній кількості основних фондів зменшує витрати виробництва на одиницю продукції.

Таким чином, об'єктивним результатом оптимізації поточного управління логістичною системою є збільшення фондівіддачі і зниження собівартості продукції.

Якісним показником ефективності управління може бути показник рівномірності (стабільності) графіків продуктивності ланок логістичної системи впродовж певного терміну. Математично цей показник доцільно оцінювати коефіцієнтом варіації

$$k_{вар.i} = \sigma_i / Q_i \text{ очік.}$$

де σ_i - середньоквадратичне відхилення продуктивності ланки; Q_i очік. - математичне очікування продуктивності ланки.

Звичайно, що можливість оптимізації управління щодо стабільної роботи системи залежить не тільки від оптимальності способу управління, але також і від показника нестабільності попиту. Тому критерій оптимальності доречно визначати як здатність системи управління зменшувати варіацію попиту відносно виробничої системи

$$E_1 = k_{вар.поп.} / k_{вар.i} \quad (7)$$

де E_1 - показник ефективності; $k_{вар.поп.} = \sigma_{поп.} / M_Q$ - коефіцієнт варіації попиту; $\sigma_{поп.}$ - середньоквадратичне відхилення графіку попиту; M_Q - математичне очікування графіку попиту.

Іншим критерієм може бути показник пропускної спроможності системи за наявності оптимального управління. Для визначення ефективності

управління цей показник також доцільно оцінювати у відношенні до пропускної спроможності за відсутності оптимального управління

$$E_2 = I_y / I_{ey} \quad (8)$$

де I_y - пропускна спроможність виробничої системи за умов оптимізації управління; I_{ey} - пропускна спроможність виробничої системи за відсутності оптимального управління.

Пропускна спроможність виробничої системи визначається як ймовірність безвідмовної роботи

$$I = 1 - P_{відм.}$$

де $P_{відм.}$ - ймовірність відмови системи, яка в статистичному вимірі оцінюється як відсоток випадків відмови забезпечення попиту в конкретному циклі управління до загальної кількості циклів управління впродовж певного довготривалого терміну.

Також до статистичної оцінки відмови системи відносяться випадки зупинення виробничої системи внаслідок надлишкового (100%) заповнення складських ділянок (V_i) системи. Ці випадки фіксуються як відмови тільки за умов наявності попиту.

Критерії (7) і (8) не є суперечливими, адже стабілізація графіка продуктивності сприяє в тому числі і мінімізації відмов системи.

Сутність логістичної концепції організації виробничих процесів розглянемо на прикладі способу управління технологічною системою рудозбагачувального виробництва [6].

Укрупнена технологічна схема рудозбагачувального виробництва може бути представлена наступними технологічними ланками (рис. 4):

1) склад подрібненої руди Скл.1, яка надходить з дробильних фабрик кар'єрів;

2) бункерна ємність подрібненої руди Б1 з конвеєром подачі подрібненої руди К1, який завантажує руду до бункерної ємності;

3) рудозбагачувальний комплекс РЗК, який містить декілька однотипних технологічних секцій збагачення;

4) склад концентрату (готової продукції) Скл.2 з конвеєром подачі концентрату К3, який відвантажує концентрат з РЗК до складу готової продукції.

Подрібнена руда до бункерної ємності Б1 надходить за допомогою конвеєра подачі подрібненої руди К1, який має регульований за швидкістю електропривод. Швидкість конвеєра подачі подрібненої руди регулюється пропорційно визначеній продуктивності. Таким чином, кількісне навантаження на одному погонному метрі конвеєра є постійним, а продуктивність конвеєра подачі однозначно визначається швидкістю руху стрічки конвеєра, а відтак,

заданим системою управління сигналом регулювання обертів електропривода конвеєра. Бункерна ємність подрібненої руди Б1 створює певний буфер (запас) технологічного продукту для забезпечення процесу рудозбагачення. Подрібнена руда із бункерної ємності надходить до рудозбагачувального комплексу РЗК, який містить декілька (до 20) однотипних секцій збагачення, розміщених в паралель за технологічною схемою РЗК. Продуктивність РЗК регулюється шляхом включення-відключення окремих технологічних секцій.

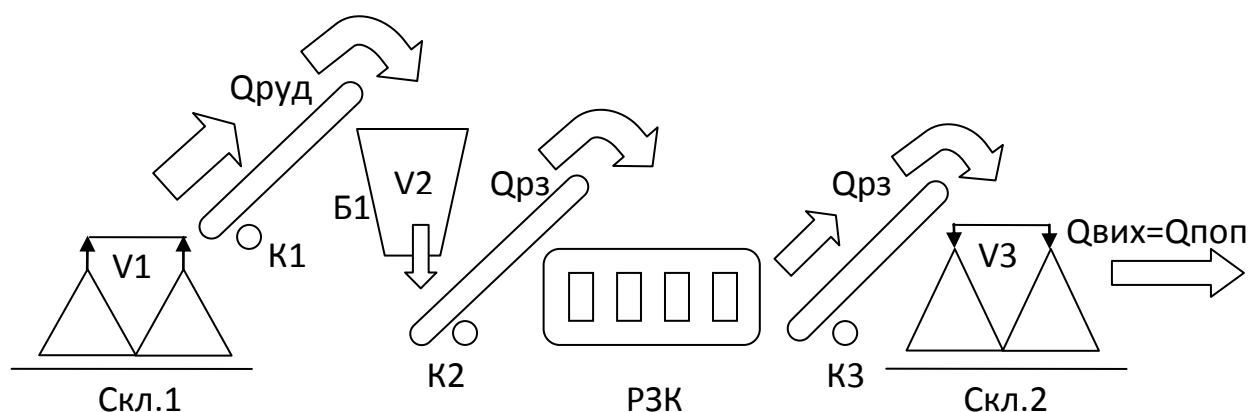


Рис. 4. Технологічна схема рудозбагачувального виробництва

Вихідним продуктом РЗК є збагачена залізна руда (концентрат), вихід якої відносно кількості витраченої руди визначається коефіцієнтом виходу $k_{вих.}$, який залежить від вміста заліза в подрібненій руді. Концентрат, вироблений РЗК, транспортується до складу готової продукції за допомогою конвеєра подачі концентрату, продуктивність якого регулюється в залежності від виходу концентрату РЗК шляхом управління швидкістю обертів електропривода конвеєра.

Концентрат зі складу готової продукції відвантажується споживачеві. Дані з відвантаження готової продукції через рівні проміжки часу, визначені періодом дискретизації процесу управління, запам'ятовуються системою управління, яка на основі аналізу динамічного ряду попередніх значень виконує згладжений прогноз попиту для поточного кроку управління.

Прогнозне значення попиту визначається за стандартною процедурою експоненційного згладжування:

$$Q_k^{прогн.} = Q_{k-1} w + Q_{k-1}^{прогн.} (1-w),$$

де $Q_k^{прогн.}$, $Q_{k-1}^{прогн.}$ – прогнольні значення поточного (k -го) і попереднього ($k-1$ -го) кроків процесу управління; Q_{k-1} – фактичне значення попереднього ($k-1$ -го) кроку управління; w – коефіцієнт згладжування прогнозу попиту.

Для визначення розрахункового оптимального значення продуктивності РЗК по концентрату $Q_{РЗК}^{розрах.}$ доречно скористатися рівнянням балансу надходження-витрати концентрату на складі готової продукції впродовж певного періоду упередження ΔT уп..

Якщо $V_{конц. необ.}$ – задане очікуване значення необхідного запасу концентрату на кінець періоду ΔT уп., а $V_{конц. поточ.}$ – поточна кількість концентрату на складі готової продукції; то для стабілізації в майбутньому періоді, тобто згладжування, потрібно, щоб акумулююча властивість складського запасу ($V_{конц. необ.} - V_{конц. поточ.}$) впродовж періоду ΔT уп забезпечувала стабілізацію розрахункового значення продуктивності надходження концентрату до складу готової продукції відносно продуктивності відвантаження споживачеві:

$$V_{конц. необ.} - V_{конц. поточ.} = (Q_{РЗК}^{розрах.} - Q_{вих.}) \Delta T_{уп.},$$

де $Q_{вих.}$ – продуктивність відвантаження концентрату споживачеві.

Таким чином, на певний (ковзний відносно управління) період упередження ΔT уп. величина розрахункової оптимальної продуктивності РЗК

$$Q_{РЗК}^{розрах.} = Q_k^{прогн.} + (V_{конц. необ.} - V_{конц. поточ.}) / \Delta T_{уп.}$$

буде забезпечувати стабілізуючий (згладжуючий) ефект відносно варіації попиту, оскільки за умов забезпечення попиту $Q_{вих.} = Q_k^{прогн.}$.

Для забезпечення необхідної оптимальної продуктивності РЗК, визначають умовно необхідну кількість робочих секцій збагачення

$$n_{секц. умовн.} = Q_{РЗК}^{розрах.} / P_{секц. од.},$$

де $P_{секц. од.}$ – продуктивність однієї секції збагачення.

З метою найбільш повного використання встановлених потужностей фактичну кількість робочих секцій $n_{секц. фактичн.}$ визначають як більше ціле значення умовно необхідної кількості робочих секцій $n_{секц. умовн.}$.

Відносно попереднього стану (кількості робочих секцій на попередньому кроці управління) включаються або відключаються додатково секції збагачення у відповідності із визначеною кількістю $n_{секц. фактичн.}$ для поточного кроку управління. Для забезпечення необхідної продуктивності по концентрату

існуючою системою управління автоматично буде збільшено (зменшено) подачу руди $Q_{pзк.p}$ з бункерної ємності до робочих секцій збагачення РЗК:

$$Q_{pзк.p} = Q_{PЗК}^{фактич.} / k_{вих.},$$

де $Q_{pзк.p}$ – фактична продуктивність РЗК по руді (надходження подрібненої руди до робочих секцій збагачення РЗК); $Q_{PЗК}^{фактич.}$ – фактична продуктивність РЗК по концентрату.

$$Q_{PЗК}^{фактич.} = n_{сеци. фактичн.} * P_{сеци. од.}$$

Швидкість конвеєра подачі концентрату до складу готової продукції регулюється системою управління в залежності від фактичної продуктивності РЗК по концентрату $Q_{PЗК}^{фактич.}$:

$$u_{конц.} = Q_{PЗК}^{фактич.} / B_{пог.конц.},$$

де $u_{конц.}$ – швидкість руху конвеєра подачі концентрату, $B_{пог.конц.}$ – норматив навантаження на одному погонному метрі конвеєра подачі концентрату.

Це забезпечує енергозберігаючий режим роботи конвеєра подачі концентрату з одночасним регулюванням продуктивності.

З метою використання згладжувальної властивості складу готової продукції щодо випадковості функції попиту термін упередження прогнозу $\Delta T_{уп}$ достатньо обирати не меншим, ніж термін акумулювання складом готової продукції середнього значення продуктивності попиту.

Стабілізуючий (згладжуючий) ефект управління рудопотоком досягається за рахунок регулювання продуктивності подачі руди до бункерної ємності подрібненої руди $Q_{руди}^{розрах.}$, яка забезпечує баланс надходження-витрати руди впродовж терміну упередження $\Delta T_{уп}$. Якщо дефіцит (або надлишок) руди в бункерній ємності відносно заданого необхідного запасу в поточному періоді складає ($V_{бунк. необ.} - V_{бунк. поточ.}$), а розрахункова продуктивність відвантаження руди до РЗК дорівнює

$$Q_{PЗК}^{розрах.} / k_{вих.},$$

то продуктивність надходження руди $Q_{\text{руди}}^{\text{розрах.}}$ може бути визначена із рівняння балансу:

$$(V_{\text{бунк. необ.}} - V_{\text{бунк. поточ.}}) = (Q_{\text{руди}}^{\text{розрах.}} - Q_{\text{РЗК}}^{\text{розрах.}} / k_{\text{вих.}}) \Delta T_{\text{уп.}},$$

де $V_{\text{бунк. необ.}}$ – задане очікуване значення необхідного запасу руди в бункерній ємності на кінець періоду $\Delta T_{\text{уп.}}$; $V_{\text{бунк. поточ.}}$ – поточна кількість подрібненої руди в бункерній ємності, звідки

$$Q_{\text{руди}}^{\text{розрах.}} = Q_{\text{РЗК}}^{\text{розрах.}} / k_{\text{вих.}} + (V_{\text{бунк. необ.}} - V_{\text{бунк. поточ.}}) / \Delta T_{\text{уп.}}$$

Очікувані значення накопиченого технологічного продукту (необхідних запасів руди і концентрату $V_{\text{конц. необ.}}$ та $V_{\text{бунк. необ.}}$) задають рівними $1/2$ від максимальних значень запасу, що забезпечує однаковий діапазон регулювання як на зменшення, так і на збільшення запасів.

Швидкість конвеєра подачі руди до бункерної ємності регулюється системою управління в залежності від визначеного оптимального розрахункового значення $Q_{\text{руди}}^{\text{розрах.}}$:

$$u_{\text{руди}} = Q_{\text{руди}}^{\text{розрах.}} / B_{\text{ног.руди}},$$

де $u_{\text{руди}}$ – швидкість руху конвеєра подачі подрібненої руди; $B_{\text{ног.руди}}$ – норматив навантаження на одному погонному метрі конвеєра подачі подрібненої руди.

Це забезпечує енергозберігаючий режим роботи конвеєра подачі руди з одночасним регулюванням продуктивності.

Таким чином, регулювання продуктивності окремих ланок технологічної системи рудозбагачення за розробленим способом забезпечує задоволення поточного попиту шляхом наскрізної узгодженості режимів роботи ланок із одночасним згладжуванням ритму виробництва відносно нерівномірності попиту, що дозволяє збільшити продуктивність технологічної системи, зменшити питомі енерговитрати.

Настроювання системи управління рудозбагачувальним виробництвом здійснюється шляхом вибору параметрів управління, специфічних для конкретних технологічних умов: кроку дискретизації процесу управління, очікуваних значень накопиченого технологічного продукту (необхідних запасів руди і концентрату), терміну упередження прогнозу попиту, коефіцієнту

згладжування прогнозу попиту.

Спосіб управління не є критичним до невеликих похибок визначення параметрів технологічного процесу і похибок прогнозу, але цілеспрямованість управління забезпечує максимальне використання існуючих резервів виробничого комплексу рудозбагачення для згладжування нерівномірності попиту, стабілізації режиму виробничого процесу, а, отже, збільшення загальної продуктивності, зменшення енерговитратності виробництва.

3. Економіко-математичне моделювання виробничої логістичної системи на засадах енергозбереження

Дослідження процесу оптимізації управління виробничою логістичною системою аналітичними методами потребує залучення громіздкого і складного математичного апарату і, крім того, неминує пов'язане з високим ступенем ідеалізації роботи реальної системи. За наявності ймовірнісного характеру критеріїв оцінювання доцільним методом дослідження є імітаційне моделювання виробничої системи. Імітаційне моделювання є одним із могутніх засобів дослідження, зокрема складних систем. Воно дає можливість проводити обчислювальні експерименти з проєктованими системами і способами управління. У той же час, завдяки своїй близькості за формою до фізичного моделювання, цей метод доступний більш широкому колу користувачів. Визначальною рисою імітаційного моделювання є вимога повторюваності, тому що один окремо взятий експеримент нічого не значить. Імітаційний об'єкт – логістична система має ймовірнісний характер функціонування, тому і результати моделювання мають характер статистичних показників.

Метод імітаційного моделювання має безперечні переваги в порівнянні з аналітичними методами досліджень. Але суттєвим недоліком є те, що результати моделювання завжди мають поодинокий характер при фіксованих значеннях вихідних умов і технологічних параметрів. Для виявлення загальних закономірностей функціонування системи доцільно результати, отримані за допомогою імітаційної моделі, обробити методами кореляційно-регресійного аналізу.

Концептуальна модель оптимального управління логістичною системою базується на припущенні, що в довготерміновому періоді продуктивність логістичної системи дорівнює споживчому попиту, тобто математичне очікування продуктивності дорівнює математичному очікуванню функції попиту. В короткостроковому періоді величина продуктивності корегується (зі знаком «+» або «-») в залежності від конкретних умов функціонування в визначений термін регулювання.

Продуктивність останньої виробничої ланки логістичної системи визначається у відповідності до продуктивності попиту у вигляді трьох складових керованої змінної управління

$$Q_3 = M_Q + \Delta Q_{\text{прогн.}} + (V_3 \text{ очік.} - V_3 \text{ пот.}) / \Delta T_{\text{уп.}} \quad (9)$$

де M_Q - математичне очікування вихідної продуктивності логістичної системи, яке дорівнює середньому значенню попиту (перша складова);

$\Delta Q_{\text{прогн.}}$ - друга складова змінної управління, забезпечує корекцію управління, обумовлену функцією прогнозування попиту;

$V_{3 \text{ очік.}}$ - очікуваний в довготерміновому періоді об'єм запасів готової продукції, який доцільно визначати з розрахунку прийнятих нормативів обігових коштів підприємства;

$V_{3 \text{ ном.}}$ - поточна кількість запасів готової продукції;

$\Delta T_{\text{уп.}}$ - термін упередження прогнозу продуктивності попиту.

З технологічної точки зору об'єм $V_{3 \text{ очік.}}$ доцільно прийняти як $0,5V_{3 \text{ ном.}}$, що забезпечуватиме однаковий діапазон регулювання як на зменшення, так і на збільшення запасів.

Третя складова формули (3) корегує продуктивність ланки в напрямку згладжування нерівномірності заповнення складської ділянки $V_{3 \text{ ном.}}$ внаслідок нерівномірності попиту і можливих відмов ланок системи в попередні періоди.

Завдяки сучасним комп'ютерним системам обліку і управління виробництвом інформаційне забезпечення процесу управління не викликає труднощів. Розрахункові значення математичного очікування попиту і інші статистичні характеристики (коефіцієнт варіації, автокореляційна функція) можуть бути визначені на основі даних обліку в попередні періоди. Певні параметри, наприклад математичне очікування, можуть корегуватись, виходячи із суб'єктивних оцінок, за умов, наприклад, наявності чи відсутності контрактів на поставку, можливих припинень дій контрактів, поточної ситуації з оплатою продукції і т.і.

Імітаційна модель, структура якої представлена на рис. 5, розроблена з метою оцінки впливу параметрів виробничої системи, в тому числі і фактору оптимізації управління, на ефективність роботи системи [10]. В якості незалежних змінних моделі приймалися: математичне очікування функції попиту M_Q ; середньоквадратичне відхилення функції попиту $\sigma_{\text{поп.}}$; коефіцієнт автокореляції функції попиту $r_{\text{non.}}$; наявність або відсутність режиму оптимізації управління.

З урахуванням ймовірнісного характеру функції попиту випадкові значення поточного попиту задавалися за допомогою генератора випадкових нормально розподілених чисел (ГВЧ). Унормовані значення ГВЧ (нульове математичне очікування, одиничне середньоквадратичне відхилення і відсутність автокореляції) перетворювались моделлю в випадкові величини попиту із змінними параметрами M_Q , $\sigma_{\text{non.}}$, $r_{\text{non.}}$.

$$Q_{\text{non.nom.}} = M_Q + X_j,$$

де $Q_{\text{non.nom.}}$ - випадкове значення поточного попиту; X_j - часовий ряд корельованих значень випадкової функції з нульовим математичним очікуванням і середньоквадратичним відхиленням $\sigma_{\text{поп.}}$.

$$X_j = r_{non.} X_{j-1} \sqrt{1 - r_{non.}^2} \sigma_{non.} Y_j,$$

де Y_j - часовий ряд унормованих значень ГВЧ.

Для кожної реалізації режиму, що імітувався, визначались статистичні показники ефективності. За умов багаторазового повторювання імітаційного експерименту формувалася вихідний масив показників ефективності як функція незалежних змінних параметрів попиту і управління. Ця функція аналізувалася за допомогою кореляційно-регресійного аналізу для виявлення ступеню впливу факторів, в тому числі і оптимізації управління.



Рис. 5. Укрупнена структура імітаційної моделі управління виробничою логістичною системою

Аналіз різноманітних даних динаміки попиту і продуктивності для підприємств різних галузей дозволяє вважати функцію попиту випадковою функцією, яка в повній мірі описується параметрами M_Q , $\sigma_{non.}$, $r_{non.}$. А оперативний облік фактичних значень попиту дозволяє оперативно (в темпі з процесом) корегувати статистичні параметри функції за умов зміни стаціонарності моделі. До факторів, які впливають на статистичні характеристики попиту слід віднести наступні: вид продукції, розміри, одинична маса, режим ціноутворення, АВС-структура замовлень споживачів, конкуренція, дисципліна оплати і споживання, вид транспорту відвантаження, партійність поставок, сезонність і т.і. Наявність автокореляції попиту теж підтверджується для більшості підприємств. Автокореляція є характеристикою інертності процесу і її можна розглядати як показник середньої довготривалості відхилення значень попиту від його математичного очікування. Аналіз автокореляції дозволяє удосконалити прогноз на короткострокову перспективу за рахунок оцінки поточного і ретроспективного процесу.

На рис. 6,а і 6,б наведено приклади реалізації випадкових процесів з однаковими характеристиками математичного очікування та середньоквадратичного відхилення і різними автокореляційними функціями.

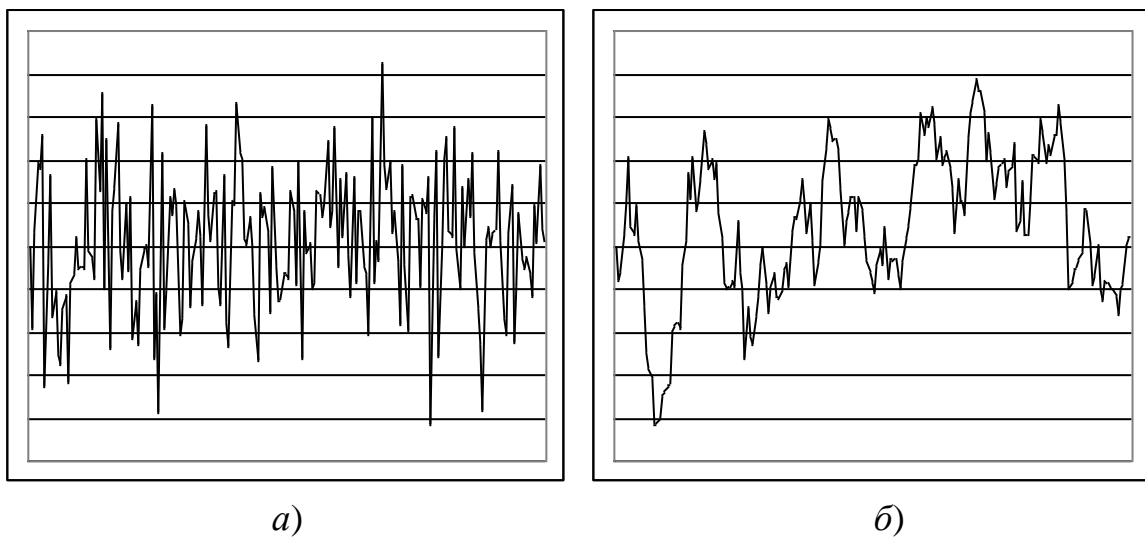


Рис. 6. Реалізації випадкових процесів з різними автокореляційними функціями

Зрозуміло, що з точки зору короткострокового прогнозу необхідно враховувати автокореляцію попиту, якщо вона наявна в конкретному процесі.

Алгоритм управління продуктивністю виробничої ланки за умов оперативного прогнозу передбачає:

- 1) прогнозування попиту на один крок вперед (миттєвий прогноз) і
- 2) прогноз на оперативний термін упередження ΔT_{yn} .

Миттєвий прогноз здійснюється за рекурентним алгоритмом експоненційного згладжування

$$Q_{j+1} = \alpha A_j + (1 - \alpha) Q_j,$$

де Q_{j+1} - прогнозне значення часового ряду на $(j+1)$ -му кроці;
 Q_j - прогнозне значення часового ряду на j -му кроці;
 A_j - фактичне значення параметра в j -й точці часового ряду;
 α - коефіцієнт згладжування.

Для адаптації моделі прогнозу коефіцієнт згладжування корегується в темпі з процесом в залежності від згладженої похибки прогнозу [9]:

$$\alpha = \delta(T) / \Delta(T),$$

де $\delta(T)$ - згладжена похибка прогнозу впродовж терміну T ; $\Delta(T)$ – згладжене середнє абсолютне відхилення.

Прогноз на оперативний термін упередження здійснюється з урахуванням автокореляції попиту. Значення продуктивності ланки корегується на величину середнього відхилення, накопиченого за термін упередження прогнозу попиту,

$$\Delta Q_{non.} = \left(\sum_{k=1}^n Q_{non.k} \right) / n - M_Q ;$$

де $Q_{non.k}$ – корельовані значення попиту в інтервалі терміну упередження прогнозу $\Delta T_{yn.}$;

$n = \Delta T_{yn.} / \Delta t$ – кількість кроків управління в інтервалі $\Delta T_{yn.}$;

Δt – крок дискретизації процесу управління.

Термін упередження прогнозу доцільно обирати співзначним постійній затухання автокореляційної функції попиту. Це значення може бути визначено в діапазоні 30-60% від часу, впродовж якого автокореляційна функція процесу стає не значимою (не перевищує 5% від її значення при $k=0$).

Управління продуктивністю кожної попередньої ланки синхронізується з режимом управління наступної ланки з корекцією по кількості запасів на складських дільницях ланки V_i :

$$Q_i = Q_{i+1} + (V_{i очік} - V_{з ном.}) / \Delta T_{yn}$$

Моделювання процесу управління здійснювалось у відносних одиницях параметрів. За базу розрахунків приймалась номінальна продуктивність останньої ланки $P_3=1$. Незалежні параметри в імітаційній моделі змінювались в наступних діапазонах: $M_Q = 0,5 - 1$; $\sigma_{поп.} = (0,2-0,7) M_Q$; $r_{non.} = 0,1 - 0,9$. Також в якості залежних параметрів визначались показники резерву продуктивності $k_{рез.i}$ (величина обернена до продуктивності) і резерву складських запасів v_i (у відносних одиницях дорівнює кількості кроків дискретизації процесу, впродовж яких виробнича ланка з продуктивністю M_Q повністю завантажить об'єм V_i).

Результати імітаційного моделювання процесу управління виробничою логістичною системою дозволили зробити наступні висновки:

1. При наявності достатніх резервів з продуктивності $k_{рез.} > 1,5-1,7$ і складських об'ємів $v_3 > 3,7-4,2$ пропускна спроможність системи практично не залежить від оптимізації управління. Але ці режими характерні для надлишкових потужностей або зниженого рівня продуктивності відносно існуючих потужностей.

2. Ефективність оптимізації управління виробничою системою різко збільшується при зниженні резервів потужностей і складських об'ємів, що характерно для вимог мінімізації капітальних витрат і підвищення коефіцієнту завантаження обладнання. В діапазоні значень коефіцієнта резерву продуктивності $k_{рез.} = 1,12-1,34$ при складських резервах $v_3 = 3,2-3,5$ оптимізація управління на 9-11% підвищує пропускну спроможність системи.

3. Для значень резерву продуктивності $k_{рез.} < 1,12$ при відповідних складських резервах $v_3 < 3,2$ ефективність оптимізації управління за критерієм (2) стабілізується, але для цього діапазону спостерігається різке зменшення пропускної спроможності виробничої системи і оптимізація управління не виводить ланку системи із стану «вузького місця».

4. При збільшенні нерівномірності попиту ефективність режиму оптимізації управління підвищується. Зростання коефіцієнту варіації попиту з 0,2 до 0,7 при середньому рівні попиту $M_Q = 0,8$ дозволяє збільшити показник ефективності E_2 з 1,08 до 1,17. Іншими словами, оптимізація управління стабілізує рівень пропускної спроможності системи при зростанні нерівномірності попиту.

5. Ефективність управління збільшується при підвищенні автокореляції продуктивності попиту. Автокореляція погіршує умови пропускної спроможності, але в меншій мірі, ніж зростання загального рівня і варіації попиту.

6. Діапазон зміни обсягів складських запасів проміжних ланок виробничої системи за умов скоординованого управління системою незначний (8-10% від діапазону змін запасів готової продукції). Цей діапазон обумовлений лише похибками прогнозування і реалізації керуючого впливу оптимального управління.

7. Ефективність управління за критерієм (1) наявна практично для всіх діапазонів зміни незалежних параметрів. Найбільші значення критерію ефективності $E_1 = 2,5-2,7$ спостерігаються для режимів з пропускнуою спроможністю $I = 0,87-0,91$. Це свідчить про те, що оптимізація управління виробничою системою дозволяє розширити «вузькі місця» системи саме за умов обмежених значень виробничих і складських потужностей, що еквівалентно економії капітальних вкладень.

Таким чином, оптимізація управління виробничою логістичною системою забезпечує в довготерміновому періоді відповідність показників попиту загальним обсягам виробництва, а в короткостроковому періоді спрямована на максимальну стабілізацію режиму виробництва шляхом згладжування

нерівномірності попиту відносно логістичної системи. Ці заходи за відсутності надлишкового резерву виробничих і складських потужностей дозволяють в середньому на 8-11% підвищити пропускну спроможність системи. В умовах обмежених виробничих фондів зростання пропускну спроможності адекватно збільшує продуктивність виробництва, а за умов нарощування виробничих потужностей оптимізація управління призводить до відповідної економії капітальних витрат.

4. Інформаційна підтримка управління енергоспоживанням виробничих логістичних систем

Бурхливий розвиток інформаційної технології останніх років спричинив швидку еволюцію стандартів логістичних систем управління підприємствами: від перших MRP, MRP II до сучасних CSPM, APS, BPMS [11]. Більшість інформаційних систем (IC), розроблених за цими стандартами, здатні на узагальненому рівні оптимізувати бізнес-процеси, які піддаються формалізованому опису для підприємств різних галузей (здебільшого це стандартні процедури обліку, обробки заявок, оформлення замовлення, виписки рахунків, планування обсягів виробництва і збуту, ресурсного забезпечення і ін.), в тому числі на основі алгоритмів прогнозування і оптимізаційних обчислень. Але для реалізації оптимізаційних алгоритмів управління щодо конкретних технологій виробництва такі системи повинні доповнюватися специфічними прикладними програмами, враховуючи специфіку окремих виробничих процесів і підприємств. Найбільш сприятливий варіант розроблення прикладних програм замовника – за допомогою програмних інструментів фірми-постачальника IC.

Основою побудови сучасних інформаційних систем управління підприємствами є логістична концепція організації виробничих процесів. Розглянемо більш детально еволюцію IC управління підприємствами, стандарти яких наочно відображають розвиток логістичної концепції.

Системи планування матеріальних ресурсів MRP (Material Requirements Planning)

Системи стандарту MRP з'явилися приблизно на початку 70-х років ХХ ст. і переважали до кінця 70-х років. Реалізація системи, що працює за методологією MRP являла собою комп'ютерну систему, яка дозволяє оптимально регулювати постачання комплектуючих у виробничий процес, контролюючи запаси на складі і саму технологію виробництва. Головним завданням MRP було забезпечення гарантії наявності потрібної кількості необхідних матеріалів-комплектуючих у будь-який момент часу в межах терміну планування, поряд з можливим зменшенням постійних запасів, а отже, розвантаженням складу.

Процес планування включає в себе функції автоматичного створення проектів замовлень на закупівлю і/або внутрішнє виробництво необхідних матеріалів-комплектуючих. Іншими словами, система MRP оптимізує час

постачання комплектуючих, зменшуючи тим самим витрати на виробництво і підвищуючи його ефективність. Основними перевагами використання подібної системи у виробництві є такі:

1. Гарантія наявності необхідних комплектуючих і зменшення часових затримок у їх доставці і, отже, збільшення випуску готових виробів без збільшення числа робочих місць і навантажень на виробниче обладнання.

2. Зменшення виробничого браку в процесі збирання готової продукції, що виникав через використання комплектуючих, які не відповідають стандартам.

3. Упорядкування виробництва у зв'язку з контролем статусу кожного матеріалу, що дозволяє однозначно відстежувати весь його конвеєрний шлях, починаючи від створення замовлення на даний матеріал, до його становища у вже зібраному готовому виробі. Завдяки цьому досягається також повна достовірність і ефективність виробничого обліку.

Усі ці переваги фактично випливають з самої концепції MRP, що ґрунтується на тому принципі, що всі матеріали-комплектуючі, складові частини і блоки готового виробу повинні надходити у виробництво одночасно, в запланований час, аби забезпечити створення кінцевого продукту без додаткових затримок.

Основна мета MRP-системи — формувати, контролювати й за необхідності змінювати дати необхідного надходження замовлень таким чином, щоб усі матеріали, потрібні для виробництва, надходили одночасно.

На практиці MRP-система є комп'ютерною програмою, логіка роботи якої спрощено може бути подана таким чином (рис. 7).

Основними результатами MRP-системи є такі:

1) План замовлень (Planned Order Schedule) — визначає, яка кількість кожного матеріалу повинна бути замовлена в кожний розглядуваний період часу протягом терміну планування. План замовлень є керівництвом для подальшої роботи з постачальниками і, зокрема, визначає виробничу програму для внутрішнього виробництва комплектуючих (за наявності останнього).

2) Зміни до плану замовлень (Changes in planned orders) є модифікаціями до раніше спланованих замовлень. Ряд замовлень можуть бути відмінені, змінені або затримані, а також перенесені на інший період.

Окрім цього, MRP-система формує деякі другорядні результати у вигляді звітів, метою яких є звернення уваги на «вузькі місця» протягом планового періоду, тобто ті проміжки часу, коли потрібен додатковий контроль за поточними замовленнями, а також для того, щоб вчасно сповістити про можливі системні помилки, що виникли під час роботи програми. Отже, MRP-система формує такі додаткові результати-звіти:

а) Звіт про «вузькі місця» планування (Exception report) — призначений для того, щоб завчасно проінформувати користувача про ті проміжки часу протягом терміну планування, які вимагають особливої уваги і в які може виникнути необхідність зовнішнього управлінського втручання. Типовими

прикладми ситуацій, які мають бути відображені в цьому звіті, можуть бути замовлення, що непередбачено запізнилися, на комплектуючі, надлишки комплектуючих на складах тощо.

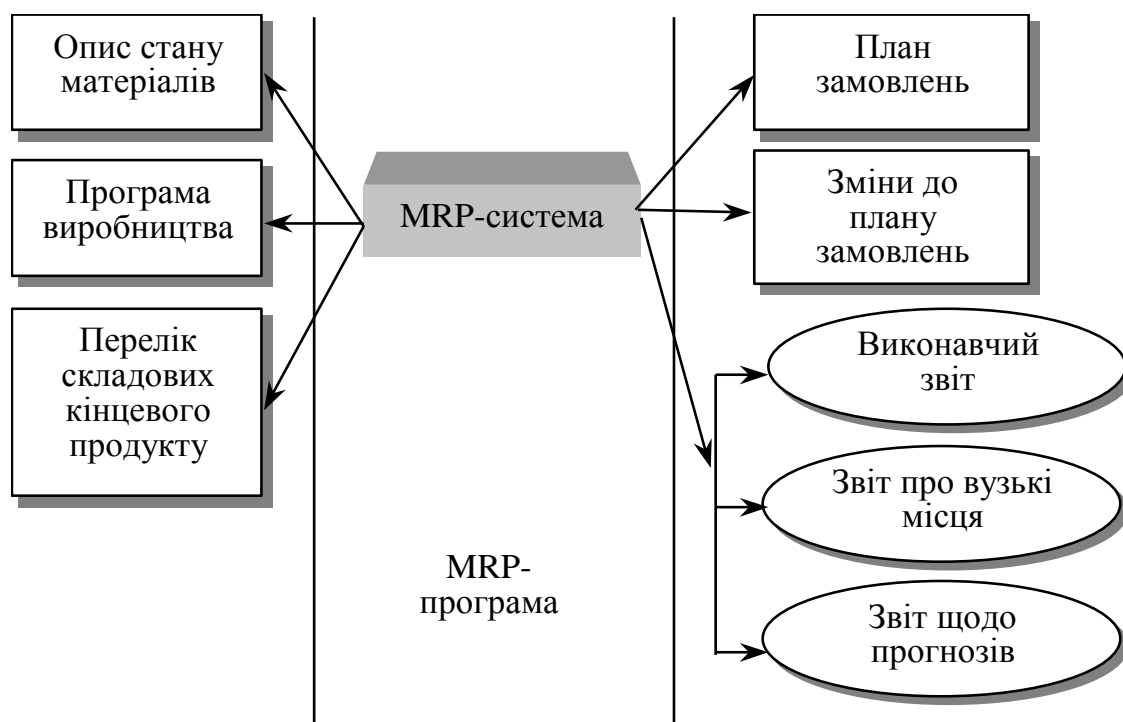


Рис. 7. Вхідні елементи і результати роботи MRP-системи

б) Виконавчий звіт (Performance Report) — основний індикатор правильності роботи MRP-системи; має на меті оповіщати користувача про критичні ситуації, що виникли під час планування, як-от: повне витрачання страхових запасів по окремих комплектуючих, а також про всі виникаючі системні помилки в процесі роботи MRP-програми.

в) Звіт про прогнози (Planning Report) є інформацією, що використовується для складання прогнозів про можливу майбутню зміну обсягів і характеристик продукції, що випускається, отриману завдяки аналізу поточного ходу виробничого процесу і звітам про продаж. Звіт про прогнози може використовуватися також для довгострокового планування потреб у матеріалах.

Таким чином, використання MRP-системи для планування виробничих потреб дозволяє оптимізувати час надходження кожного матеріалу, значно знижуючи таким чином складські витрати і полегшуючи ведення виробничого обліку.

Системи планування виробничих ресурсів MRP II (Manufacturing Resource Planning)

Переважаючий розвиток систем планування виробничих ресурсів MRP II відбувався у період з кінця 70-х – до кінця 80-х років ХХст.

Основна суть систем стандарту MRPII зводиться до того, що прогнозування, планування та контроль виробництва здійснюються по всьому циклу, починаючи від закупівлі сировини і закінчуючи відвантаженням товару споживачеві. А це означало, що MRPII є методологією, спрямованою на ефективне управління всіма видами ресурсів виробничих підприємств. У загальному випадку вона забезпечує вирішення задач планування діяльності підприємства в натуральних одиницях та фінансове планування в грошовому вимірі. Така методологія являє собою набір перевірених на практиці дотепних принципів, моделей та процедур управління і контролю, виконання яких мало сприяти поліпшенню показників економічної діяльності підприємства.

Понад те, більшість понять, методів та алгоритмів, закладених у функціональні модулі MRPII, залишаються незмінними упродовж тривалого проміжку часу і входять як елементи до систем наступних поколінь. З цієї причини методологію MRPII прийнято вважати базовою.

Набір функціональних модулів та їхні взаємозв'язки мають глибоке обґрунтування з погляду теорії управління. Вони забезпечують інтеграцію функцій планування, у тому числі узгодження різних процесів управління в просторі й часі.

Тривалий процес впровадження MRPII дозволив, з одного боку, досягнути зростання ефективності підприємств, а з іншого – виявив такі, зокрема, властиві цій системі недоліки:

- орієнтація системи управління підприємством виключно на існуючі замовлення, що утруднювало прийняття рішень на тривалу, середньострокову, а в ряді випадків і на короткострокову перспективу;
- слабка інтеграція з системами проектування і конструювання продукції, що особливо важливо для підприємств, які виробляють складну продукцію;
- слабка інтеграція з системами проектування технологічних процесів і автоматизації виробництва;
- недостатнє насичення системи управління функціями управління витратами;
- відсутність інтеграції з процесами управління фінансами і кадрами.

Системи планування ресурсів підприємства ERP (Enterprise Resource Planning)

Необхідність усунення перелічених недоліків спонукала трансформувати системи MRPII у системи нового класу «Планування ресурсів підприємства» (Enterprise Resource Planning — ERP). Системи цього класу більшою мірою орієнтовані на роботу з фінансовою інформацією для розв'язання задач управління великими корпораціями з розпорощеними територіально ресурсами. Сюди включається все, що необхідно для отримання ресурсів, виготовлення продукції, її транспортування і розрахунків за замовленнями клієнтів. Крім перелічених функціональних

вимог в ERP реалізовані й нові підходи до застосування графіки, використання реляційних баз даних, CASE-технологій для їхнього розвитку, архітектури обчислювальних систем типу «клієнт—сервер» і реалізації їх як відкритих систем.

Системи типу ERP поповнюються такими функціональними модулями: прогнозування попиту, управління проектами, управління витратами, управління складом продукції, ведення технологічної інформації. У них прямо або через системи обміну даними вбудовуються модулі управління кадрами і фінансовою діяльністю підприємства.

Далі пояснюються елементи структури управління ERP, додані до системи MRP II.

Прогнозування. Оцінка майбутнього стану або поведінки зовнішнього середовища чи елементів виробничого процесу. Мета – оцінити необхідні параметри в умовах невизначеності. Недолік інформації пов'язаний звичайно з часовим чинником. Прогнозування може мати як самостійний характер, так і, передуючи плануванню, являти собою перший крок у розв'язанні задачі планування.

Управління проектами і програмами. У виробничих системах, призначених для випуску складної продукції, виробництво як таке є одним із етапів повного виробничого циклу. Йому передують проектування, конструкторська і технологічна підготовка, а вироблена продукція зазнає випробувань і модифікації. Для складної продукції характерними є велика тривалість циклу, значна кількість підприємств-суміжників, складність внутрішніх і зовнішніх зв'язків. Цим зумовлюється необхідність управління проектами і програмами загалом і включення відповідних функцій до системи управління.

Ведення інформації про склад продукції. Ця частина системи управління забезпечує управлінців і виробничників інформацією необхідного рівня про продукцію, виробу, складальні одиниці, деталі, матеріали, а також про оснащення і пристосування. Тут забезпечуються адекватне подання різних структур виробів, повнота даних, фіксація всіх змін. Особливе місце серед вирішуваних задач належить задачі розв'язування для багаторівневих виробів. Вона використовується також під час планування потреб у матеріальних ресурсах.

Ведення інформації про технологічні маршрути. Для вирішення задач оперативного управління виробництвом необхідна інформація про послідовність операцій, що входять у технологічні маршрути, тривалість операцій і кількість виконавців або робочих місць, необхідних для їх виконання.

Управління витратами. Цей фрагмент системи оцінює роботу виробничих та інших підрозділів з погляду витрат. Тут виконуються роботи з

визначення планових і фактичних витрат.

Роль даної підсистеми — забезпечити зв'язок між управлінням виробництвом і управлінням фінансовою діяльністю вирішенням задач планування, обліку, контролю і регулювання витрат. Задача, як звичайно, вирішується в різних розрізах по підрозділах, проектах, типах і видах продукції, výroбах тощо. Ця інформація використовується для вироблення управлінських рішень, що оптимізують економічні показники підприємства.

Управління фінансами. У цій підсистемі вирішуються задачі управління фінансовою діяльністю. Практично у всіх зарубіжних системах до неї входять чотири підсистеми більш глибокого рівня — «Головна бухгалтерська книга», «Розрахунки із замовниками», «Розрахунки з постачальниками», «Управління основними засобами».

Управління кадрами. У даній підсистемі вирішуються задачі управління кадровими ресурсами підприємства, пов'язані з набором, штатним розкладом, перепідготовкою, просуванням по службі, оплатою тощо.

ERP, таким чином, є поліпшеною модифікацією MRP II. Її мета — інтегрувати управління всіма ресурсами підприємства, а не тільки матеріальними, як це було в MRP II.

Планування виробництва на рівні графіка випуску продукції — одна з найважливіших функцій в ERP.

У системах з «проштовхуванням» увага загострюється на використанні інформації про замовників, постачальників і продукцію в управлінні матеріальними потоками. Постачання партій матеріалів і напівфабрикатів на підприємство планується якомога ближче до термінів виготовлення деталей і складальних одиниць. Деталі й складальні одиниці виробляються якомога ближче до термінів подачі на складання, готова продукція складається і відправляється як можна ближче до необхідного часу виконання замовлення. Матеріальні потоки «проштовхуються» крізь усі фази виробництва.

Системи з «протягуванням» орієнтовані передусім на скорочення рівня запасів на кожній виробничій фазі. Якщо в попередній системі роль графіка зводилася до визначення того, що робити далі, то в даній системі переглядається тільки наступна стадія, з'ясовується, що необхідно робити для її виконання, і виробляються необхідні дії. Партії у виробництві переміщуються від ранніх стадій до пізніх без проміжного складування. Існує чимало різновидів і найменувань для подібних систем: «точно-в-термін» (Just-in-Time), виробництво з коротким циклом, системи з візуальним управлінням тощо.

Системи, побудовані на базі стандарту ERP, переважно орієнтовані на внутрішню діяльність підприємства — в них була виключена можливість управління розширеним виробничим ланцюгом «постачальник—виробник—споживач», тобто логістичним ланцюгом (рис. 8 та рис. 9).

ТРАДИЦІЙНЕ ERP — ПЛАНУВАННЯ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА



Підвищення ефективності операцій у традиційному промисловому підприємстві

Рис. 8. Спрощена схема системи, побудованої на базі ERP-концепції

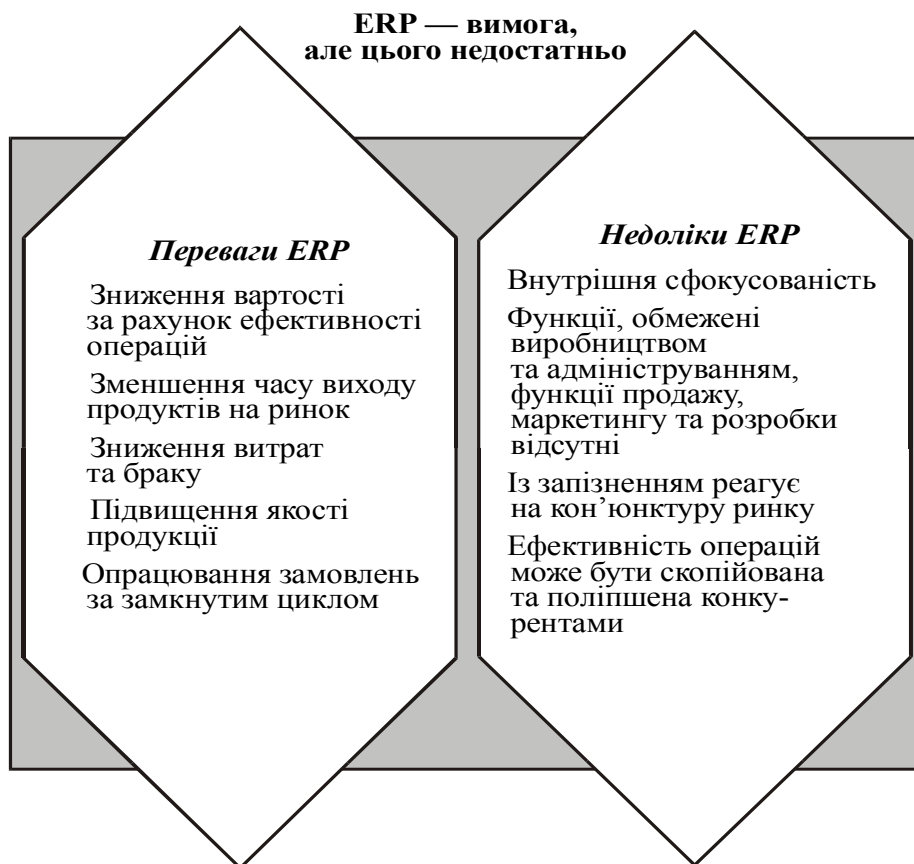


Рис. 9. Переваги та недоліки ERP-системи

Системи планування ресурсів підприємства, синхронізованого зі споживачами CSRP (Customer Synchronized Resource Planning)

Концепція CSRP, використовуючи перевірену часом інтегровану функціональність ERP, розширює поняття планування від виробництва далі, на покупця. Ідеологія CSRP надає дійові методики і реалізуючі їх програмні продукти для створення товарів, що модифікуються під конкретного користувача.

Виробники, що спонукаються взаємодією з покупцем, а не внутрішніми проблемами виробництва, можуть отримати істотні переваги, якщо систематично матимуть відповідь на такі питання:

- Які продукти потрібно виробляти?
- Які послуги варто пропонувати?
- Які нові ринки є перспективними для розвитку?

Виробники приймають рішення щодо вибору продуктів і ринкових ніш, але ці рішення ізольовані від виконавчих підрозділів організацій, які, власне, і займатимуться їх реалізацією. З іншого боку, в класичних системах планування і управління ресурсами «відчуття» ринку і критична інформація про покупця недоступні системі планування бізнесу та ізольовані в різних локальних підсистемах, розкиданих по організації.

Кожний із цих підрозділів приділяє значну увагу роботі з покупцем. Але в більшості традиційних виробничих структур ці підрозділи витрачають дуже мало часу на взаємодію з плановими або виробничими відділами. За створення зразків продукції відповідає конструкторський відділ. Відділ обслуговування покупців відповідає тільки за організацію приймання замовлень. Але конструкторський відділ повинен розуміти, що він створює продукт для споживача, який потім продаватиметься комерсантом.

Сервісні служби володіють великою кількістю іншої корисної інформації відносно того, які продукти викликають проблеми, які удосконалення найчастіше цікавлять покупців і які послуги, що пропонуються, можуть бути найціннішими для покупця. Нарешті, конструкторський відділ, а також відділ досліджень і розробок займаються створенням нових продуктів та їх прототипів, розробляють продукцію майбутнього. І у зв'язку з цим також виникають питання: як нові продукти будуть прийняті на ринку, що має прийнятну ціну, а що ні. Все це — життєво важливі проблеми.

CSRP — це перша бізнес-методологія, яка включає в ядро системи управління бізнесом — діяльність, орієнтовану на інтереси покупця. Уперше запропонована методологія ведення бізнесу заснована на поточній інформації про покупця. CSRP переміщує фокус уваги з планування виробництва на планування замовлень покупців. Інформація про клієнтів і послуги кладеться в основу діяльності організації (рис. 10).

CSRP — планування ресурсів, синхронізоване з вимогами покупців.



Рис. 10. Спрощена схема CSRP-системи

Виробниче планування не просто розширюється, а замінюється вимогами клієнтів, відомості про які надходять з підрозділів, орієнтованих на роботу з покупцями.

Таким чином, CSRP примушує переглянути всю бізнес-практику, зосереджуючи увагу на ринковій активності, а не на виробничій діяльності. Бізнес-процеси синхронізуються з діяльністю покупців.

За використання моделі CSRP послуги, що надаються клієнтам, стають важливою ланкою діяльності підприємства, центром управління всією організацією. При цьому підрозділ технічної підтримки відповідає за доведення необхідної інформації про покупців до виконавчих центрів організації. У цьому випадку:

- Планування діяльності й виробництва продукції також наповнюється новим змістом – воно стає плануванням замовлень покупців і динамічним виробництвом.
- Поліпшене виробниче планування дає можливість більш точно оцінювати терміни постачання і виконувати їх вчасно.

Результати успішного застосування CSRP – це підвищення якості товарів, зниження часу постачання, підвищення споживної цінності продукції і т. ін. і – як наслідок – зниження виробничих витрат, а також – що ще важливіше, – розвиток інфраструктури для створення індивідуалізованих рішень, що конфігуруються, поліпшення зворотного зв'язку з покупцями і забезпечення оптимального сервісу для покупця. Це не технологічна ефективність, яка забезпечує лише тимчасову перевагу в конкуренції, а здатність створювати продукти, що задовольняють різноманітні потреби покупця, і кращий сервіс, тобто отримання стійкої конкурентної переваги.

Відкриті технології зробили можливим приймання складних замовлень на відстані: покупець за допомогою INTERNET отримує доступ до Web-сервера

виробника і в будь-який час дня або ночі вводить замовлення — стандартне або модифіковане. Покупець може змінити попередні замовлення, перевірити стан ще не виконаних замовлень або запитати нові доповнення. Оскільки така взаємодія інтегрована в основні бізнес-системи підприємства, дії покупця автоматично впливають на планування, виробництво і/або обслуговування покупців. І знову діяльність підприємства синхронізується з покупцем.

Відкриті технології роблять обидва ці сценарії і методологію CSRP реальністю.

Системи керування взаємовідносинами з клієнтами CRM (Customer Relationship Management)

Системи керування взаємовідносинами з клієнтами CRM являють собою набір програмних додатків, що реалізують концепцію і стратегію бізнесу, ядром якої є клієнт-орієнтований підхід. Найчастіше модулі CRM інтегруються у корпоративне інформаційне середовище компанії у вигляді надбудови над ERP.

Суть концепції CRM полягає у тому, що прибуткові клієнти мають право на першочергове та ексклюзивне обслуговування. Компанія повинна підтримувати з клієнтами зворотний зв'язок, зважаючи на їх побажання. Ключовими аспектами концепції CRM є персоналізація взаємовідносин з кожним клієнтом, досягнення прихильного ставлення клієнтів до компанії та її продукції, погляд на процес продажу як на безупинний процес, до якого залучено кожного співробітника компанії.

Взаємодія з клієнтами здійснюється через узгоджений набір процедур, спрямованих на формування у клієнтів загального враження про компанію та її продукт. При цьому під терміном «клієнти» розуміються не лише споживачі, а й партнери компанії, реселлери, постачальники тощо.

Послідовність процесів у рамках CRM така:

- збирання та агрегація даних;
- аналіз ринкових можливостей компанії, переваг і запитів клієнтів;
- розроблення адекватних повідомлень і сигналів для кожного клієнта окремо та ринку загалом;
- процес взаємодії (комунікація) через відповідні канали і точки контакту;
- аналіз зворотного зв'язку і результатів, коригування підходів і методик.

Основними функціональними блоками CRM-систем є:

- SFA (Sales force automation) - автоматизація діяльності торгових представників;
- MA (Marketing automation) - автоматизація маркетингу;
- CSS (Customer service and support) - автоматизація служби підтримки та обслуговування клієнтів.

Модулі SFA відповідають за: взаємодію продавців з клієнтами; доступ продавців до актуальної інформації і доведення її до інших; взаємодію з бізнес-одинацями підприємства. SFA забезпечує виконання таких функцій:

- керування контактами (Contact management);

- робота з клієнтами (Account management);
- автоматичне формування комерційних пропозицій;
- генерація клієнтських баз;
- генерація прайс-листів;
- аналіз прибутків і збитків;
- прогнозування та аналіз циклу продажу, генерація звітності.

Обслуговування та підтримування клієнтів в умовах CRM розширює функції від звичайної телефонної підтримки до створення контакт-центрів з широким спектром засобів і каналів комунікацій, маючи на меті підвищення прибутковості відповідних служб.

Автоматизація маркетингу розв'язує задачі персоналізації зв'язків з клієнтами, що вимагає надання клієнту найбільш відповідної його специфічним запитам інформації. Засобами телемаркетингу стають Internet та електронна пошта. Розв'язанню підлягають також задачі прогнозування поведінки певних груп клієнтів на основі даних про історію взаємодії з ними, виділення ключових моментів у життєвому циклі клієнта.

Розвинуті системи планування APS (Advanced Planning System)

Дещо пізніше з'явилась ще одна концепція, а саме: APS – «Розвинуті системи планування». Для таких систем характерне використання економіко-математичних методів розв'язання задач планування з поступовим зниженням ролі календарно-планових нормативів на виробничі цикли, а також використання оптимізаційних методів на вищих рівнях управління та застосування комп'ютерних інструментальних засобів підтримки прийняття управлінських рішень.

Управління в системах четвертого типу сконцентровано на так званих «вузьких місцях», чи стадіях виробничого процесу, що гальмують виробництво, оскільки їхня продуктивність є меншою, ніж на інших ділянках виробничої системи.

Протягом 1994—1996 рр. ринок систем ERP розвивався високими темпами. Обсяг продажу зростав приблизно на 40% у рік. Такі темпи вважаються надзвичайно високими в будь-якій галузі. Водночас обсяг продажу APS-систем зростав удвічі швидше. Починає виявлятися тенденція до фундаментальної зміни тих концепцій управління, на яких будуються сучасні системи ERP. Більшість із цих концепцій суперечать вимогам до управління в динамічних виробничих системах. Замовникам продукції потрібні якомога менша тривалість виконання замовлень і висока точність дотримання термінів. Часто ці вимоги вимірюються вже не днями або тижнями, а годинами і хвилинами. Крім того, все виразніше виявляється така вимога до систем управління, як поєднання масового характеру виробництва з індивідуальним виконанням виробів (mass customization).

Зазвичай системи APS являють собою поєднання чотирьох взаємопов'язаних процесів. У всіх чотирьох процесах досить часто використовуються одні й ті самі підходи до планування, але вхідні дані та

обмеження розрізняються. На рис. 11 показані чотири кроки моделі APS.

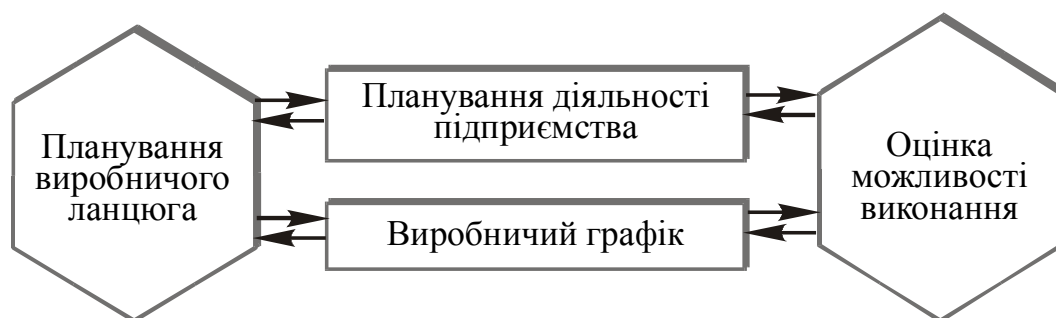


Рис. 11. Основні кроки моделі APS

Системи APS являють собою сьогодні швидше узагальнену модель і модулі, ніж інтегровані продукти. Вони використовуються спільно з наявними системами планування.

У сучасних системах APS застосовують широкий спектр алгоритмів оптимізації. Найпоширенішими є такі підходи.

1) Лінійне програмування. Задача оптимізації вирішується для лінійної цільової функції при лінійних обмеженнях і обмеженнях на змінні.

2) Алгоритми типу випадкового пошуку. Група методів, заснована на принципі генерування, аналізу й добору кращого варіанта плану. При цьому кращий поточний план може бути для наступної ітерації базовим, в околі якого триватиме пошук.

3) Алгоритми, засновані на теорії обмежень. Теорія обмежень являє собою підхід до календарного планування, в якому спочатку будується план для «вузького місця» в системі, а потім від нього — для всіх інших елементів системи.

4) Евристичні алгоритми. Група розвинутих методів, доступна завдяки потужності сучасних ЕОМ. Це, як правило, алгоритми не випадкового пошуку, які полягають у перегляді змінних у позитивному і негативному напрямку для поліпшення плану. При цьому активно використовується специфіка задачі. Одна з особливостей реалізації евристичних алгоритмів: фірми-виробники систем APS часто продають їх у вигляді «чорних ящиків», не розкриваючи їхнього змісту.

Моделювання і підтримка прийняття рішень — один із основних засобів підходу APS, особливо тих, які орієнтовані на планування найвищого рівня.

Практично всі APS-системи володіють можливостями моделювання. Діапазон можливостей широкий: від ведення численних копій планів для покрокового порівняння — до аналізу витрат для різних планів. Більшість систем мають вбудовані панелі, які відображають результати оптимізації та організують їх передачу для імітаційного моделювання. Потенціал систем APS у галузі моделювання далеко не вичерпаний. Зараз вони орієнтовані переважно на підтримку прийняття тактичних рішень, пов'язаних з появою нової продукції або нових замовлень. Потенційні можливості поширюються на такі

рішення стратегічного характеру, як будівництво нових заводів, об'єднання підприємств, поведінка ринку.

Сьогодні більшість фірм-розробників включають модулі APS у ядро своїх систем типу ERP або вступають в кооперацію з провідними виробниками.

В той же час багато локальних систем, спрямованих на вирішення завдань управління

- логістикою (Supply Chain Management),
- складом (Warehouse Management Systems),
- документами (WorkFlow),
- бізнес-процесами (Business Process Management Systems),
- проектами (Project Management Systems),

починають не тільки існувати самі по собі або як модуль або підсистема більшої інформаційної системи, але і інтегрувати нові завдання. Так, системи документообігу, крім традиційних завдань управління архівами, колективної обробки документів, вирішують нові завдання, такі як управління колективними знаннями.

Системи управління бізнес-процесами BPMS-системи (Business Process Management System)

BPMS-системи – це клас програмного забезпечення, призначеного для безпосереднього управління бізнес-процесами (використовуються також терміни “BPM-система” і “BPM”). BPM-системи характеризуються можливістю підтримувати реінжинірінг бізнес-процесів і налаштовуватися на створені проектувальником підприємства моделі процесів.

Традиційний спосіб автоматизації бізнес-процесів – розробка або придбання готового прикладного програмного забезпечення. Проте на практиці прикладні програми дозволяють автоматизувати лише частину кроків бізнес-процесу, а головне – внесення навіть невеликих змін до схеми бізнес-процесу призводить до необхідності перепрограмування і великих витрат часу. В результаті прикладні програми не встигають оновлюватися в тому темпі, який диктують умови бізнесу і потреби, що постійно змінюються.

Отже, еволюція розвитку і аналіз функціональних можливостей сучасних інформаційних систем свідчать про тенденцію інтеграції функціональних сфер діяльності підприємства шляхом нарощування структури виробничої логістичної моделі (приєднання функцій постачання, збуту і маркетингу, а також фінансової і кадрової сфер управління).

Відкритість алгоритмічної структури більшості сучасних інформаційних систем управління підприємствами дозволяють замовнику системи використовувати власні (прикладні) програмні модулі, розроблені з урахуванням специфіки виробництва. Відкрита програмна архітектура сучасних ІС здатна «вбудовувати» такі прикладні модулі в існуючу (розроблену фірмою-постачальником) систему. Це сприяє більш повній інтеграції функціональних

областей підприємства з метою отримання синергетичного ефекту інформаційної підтримки управлінських рішень, що і є основною тенденцією розвитку логістичної концепції ІС підприємства.

Таким чином, найбільш доцільним шляхом впровадження енергозберігаючих режимів виробничих логістичних систем є розробка прикладних програм за алгоритмами енергозберігаючого управління і «вбудова» відповідних програмних модулів в існуючу (або розроблювану) ІС.

Список використаних джерел

1. Єрмілов С.Ф. Енергетична стратегія України на період до 2030 року: проблемні питання змісту та реалізації [Енергозбереження, енергоефективність в Україні]/С.Ф. Єрмілов// Енергоінформ. – 2006. - №48. – С.3-4.
2. Дзюбан В.С. Энергоресурсосбережение - приоритетная задача предприятий Украины: [Снижение энергопотребления предприятий горнодобывающей промышленности]/В.С. Дзюбан, М.И. Рымар// Энергосбережение.– 2006.– № 11.– С. 10-11.
3. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження / За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т. 1. – 510 с.
4. Бакалін Ю.І. Енергозбереження і енергетичний менеджмент: Навч.посібник. – 2-е вид. Х.:ХІУ, 2002. – 200с.
5. Крутов Г.В. Управління виробничою логістичною системою в умовах змінного характеру попиту. / Г.В. Крутов, О.І. Кучма, Ю.В. Недашковский // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. Випуск 25. Кривий Ріг. – 2010. – С.297-303.
6. Крутов Г.В. Патент на корисну модель № 93094. Спосіб управління технологічною системою рудозбагачувального виробництва. – Опубл. 25.09.2014. Бюл. № 18.
7. Козловский В.А. Логистический менеджмент: Учебное пособие. 2-е изд., доп. / В.А. Козловский, Э.А. Козловская, Савруков Н.Т. – СПб.: Издательство «Лань», 2002. – 272с.
8. Исследование операций в экономике: Учебное пособие для вузов / Под ред. Н.Ш.Кремера. – М.: ЮНИТИ, 2003. – 407с.
9. Бокс Д., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Пер. с англ. / Под ред. В.Ф. Писаренко. М.: Мир, 1974. – 389с.
10. Варава Л.М. Імітаційне моделювання як засіб оптимізації багатоланкового потокового виробництва./Л.М. Варава, Г.В. Крутов// Проблемы и перспективы развития экономической науки и образования в условиях европейской интеграции. Материалы международной научно-практической конференции (24 октября-27 октября 2012 г. Варшава, Польша). – Донецк: ООО «Экономический научно-образовательный центр», 2012. – С. 86-91.
11. Нижник В.М. Еволюція розвитку інформаційних систем та інформаційних технологій в управлінні підприємствами/В.М. Нижник, Д.С. Терехов// Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 5. – С. 220-223.