

УДК 338.45(078.5)

Кузьмичов А.І., к.т.н., доцент,
Шмирко Т.П., аспірант

СЕРВІС-МЕНЕДЖМЕНТ: ЗАДАЧІ І МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

Запаси у складі сервісного управління діяльністю будь-якої організації характеризуються суттєвими витратами. Пропонуються підходи до зниження цих витрат за рахунок прийняття управлінських рішень, сформованих на результатах оптимізаційного моделювання вбудованими засобами Excel.

Запасы в составе сервисного управления деятельностью любой организации характеризуются существенными затратами. Предлагаются подходы к снижению этих издержек путем принятия управленческих решений, сформированных на результатах оптимизационного моделирования встроенными средствами Excel.

Stocks within the service management of any organization are characterized by significant costs. Approaches are proposed to reduce these costs by making decisions, formed on the results of optimization modeling with add-ins Excel.

Вступ. Ефективне управління матеріально-виробничими запасами – актуальна проблема для багатьох вітчизняних підприємств. Щоб уникнути великих витрат коштів, матеріальних та інших втрат на формування, зберігання та будь-які їх перевезення, рекомендується скорочувати будь-які запаси, зокрема, сировини й напівфабрикатів, без негативного впливу такого заходу на якість функціонування підприємства, адже скорочення запасів часто вимагає значних змін у системі організації виробництва. Новітні виробничі технології типу «будівництво з колес» дозволяють звести поточні запаси на будівельному майданчику практично до нуля за рахунок надзвичайно ретельної організації процесу.

Порівняно невелика кількість підприємств має стабільні й добре налагоджені зв'язки із постачальниками сировини та пунктами зберігання й реалізації продукції, тому існує проблема безперебійного постачання сировини, напівфабрикатів та готової продукції. Безперечно актуальним є пошук можливостей гнучкого реагування на коливання попиту і виникнення в зв'язку з цим збоїв у виробничому процесі. Визначення потреби у матеріальних ресурсах у сукупності із прогнозуванням, контролем за станом запасів і з урахуванням витрат на формування та

зберігання запасів також є дуже непростим завданням на шляху до ефективного розвитку підприємства.

Аналіз досліджень та публікацій. Розв'язанню проблеми ефективного (найкраще, оптимального) управління матеріально-виробничими запасами засобами математичного моделювання присвячено роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, перші публікації з'явилися майже 100 років тому в умовах розпочатої світової промислової революції та формування принципів наукового менеджменту [1-3]. З роками визначився самостійний розділ наукових досліджень з управління запасами будь-якого типу та призначення, який став складовою сучасного менеджменту й логістики у найширшому їх тлумаченні [4-6]. Розроблені математичні моделі цього розділу визначили ядро програмного забезпечення сучасних автоматизованих систем управління виробництвом й, одночасно, стали предметом досліджень й подальшого розвитку на освітньо-науковому рівні при підготовці управлінських кадрів.

Наукове управління запасами: проблематика, типи та класифікація задач

За визначенням запас – це відкладений у сховище певний предмет, що очікує свого можливого використання. Існує багато типів запасів в залежності від специфіки організації, це, зокрема, запаси сировини, напівфабрикатів, кінцевої чи незавершеної продукції, обладнання, фінансів (резервні кошти), транспортних засобів й навіть людських ресурсів (у вигляді ремонтних бригад та аварійних служб).

Запаси створюються за рядом причин:

- вони згладжують розбіжність й відхилення між пропозицією і попитом;
- можливість створення і зберігання запасів часто дозволяє знизити виробничі витрати, оскільки деякі вироби краще виробляти великими партіями навіть за відсутності замовлень в даний момент часу в умовах нерівномірного (сезонного) попиту;
- це спосіб зберігання праці, бо наявність трудових ресурсів для виробництва може виявитися лімітуючим обмеженням у певні наступні періоди часу і не лімітуючим у інші періоди. Можливість виробити продукцію в ці попередні періоди і потім зберігати її в запасах вивільняє трудові ресурси в наступні періоди й дозволяє знайти їм інше застосування;
- запас забезпечує можливість швидкого обслуговування клієнтів відразу ж при виникненні замовлення, якщо споживачі готові платити за таку оперативність.

Однак ці безперечні достоїнства наявності у достатній кількості запасів супроводжуються відповідними витратами, адже завжди «за все треба платити». Відомо, що, зокрема, вартість створення й

зберігання виробничих запасів на підприємстві доходить до третини загальної вартості матеріально-технічних та інших ресурсів.

Запаси утворюють, зберігають, витрачають чи поповнюють з певною періодичністю шляхом визначення розміру певної їх одиничної кількості (порції, партії), яку називають замовленням (order), в залежності від попиту на заданий період. Скажімо, цеху на місяць треба 100 кг мастильних матеріалів, відповідно, існує спектр розміру замовлення від 100 поставок по 1 кг до одноразової поставки у 100 кг. Між цими крайнощами (від 1 до 100) існує безліч проміжних варіантів замовлення, усі вони характеризуються відповідними загальними витратами, тож треба знайти «золоту середину», тобто, визначити оптимальний розмір замовлення, за яким мінімізуються ці витрати. Це – суть будь-якої задачі управління запасами з актуальної проблематики сервіс-менеджменту.

Існують три типи основних витрат, пов'язаних з діяльністю з організації запасів: витрати на зберігання, витрати на розміщення замовлення і втрати (матеріальні, моральні, соціальні) від можливого дефіциту.

Витрати на зберігання – це ті кошти, що вкладені, скажімо, в сировину і вони не можуть бути вкладені ні в що інше. Є також інші складові цих витрат, пов'язані зі зберіганням запасів: відшкодування за пошкодження, крадіжки, страхування, фізичне чи моральне старіння, охорону, специфіку складування та за вимоги щодо їх спеціального супроводження (температурний режим, вологість, освітлення, вентиляція) – ясно, що чим більші запаси, тим більші витрати на їх зберігання. Виходить, що шлях до їх зменшення – *зменшувати обсяг розміру замовлення*.

Витрати на розміщення замовлення пов'язані з витратами на реалізацію замовлення на шляху від постачальника до замовника. Ці витрати не залежать від замовленої кількості, вони пов'язані лише з кількістю поставок, зокрема, тривалістю часу, необхідного співробітникам для виконання облікових операцій, виписки рахунку-фактури й перевірки якості замовлення, оплати відряджень тощо. Виходить, що шлях до їх зменшення – зменшення числа поставок за рахунок *збільшення обсягу замовлення*.

Дефіцит означає, що у підприємства закінчились запаси, а замовлення на готову продукцію продовжують поступати. Можливі два варіанти при виконанні таких замовлень: відстрочене виконання замовлення лише після поповнення запасів (така схема виконання замовлень в умовах дефіциту називається затримкою виконання замовлення) чи відмова від замовлення з виплатою відповідних відшкодувань.

Втрати від можливого дефіциту включають в себе втрату прибутку при невиконанні замовлень чи при їх затримці, до цих втрат можна

віднести також матеріальні й нематеріальні втрати типу втрати клієнтів-замовників чи набуття поганої репутації для підприємства чи торгової марки, останні в умовах конкурентних відносин можуть стати катастрофічними, тому для їх запобігання краще замовляти *більше запасів*.

Конфліктність умов створення й супроводження запасів робить цю задачу досить складною для її розв'язання, відповідні моделі оптимізації входять до складу нелінійного чи навіть цільового (багатокритеріального) програмування, для яких не існує універсальних обчислювальних методів. На щастя, нелінійна модель класичної задачі управління запасами є моделлю опуклого програмування, для якої можна градієнтним методом знайти глобальний оптимум.

Для більшості крупних підприємств, які вимушені вкладати великі кошти в запаси, існують багато різних способів управління цими, адже ці запаси характеризуються широким асортиментом, різноманітним попитом, цінами, розмірами, розміщенням постачальників, вимогами до доставки й зберігання тощо. Але завжди основною проблемою є двозначність величини запасу, бо це добре й погано одночасно: добре мати запас, бо це дозволить гарантувати виконання замовлень клієнтів (тобто уникнути витрат від дефіциту), й погано, бо великий об'єм запасу супроводжується серйозними витратами на його зберігання.

Отже, необхідно збалансувати три вищевказані складові витрат, розв'язуючи відповідну задачу оптимізації – вибору кращого варіанту розміру замовлення серед безлічі допустимих.

Для кожного типу запасів необхідно знайти відповіді на два ключових запитання:

- 1) *коли* слід розміщувати замовлення на поповнення запасів;
- 2) *яким* повинен бути розмір замовлення.

Необхідність врахування багатьох факторів робить цю задачу досить складною щодо її практичної реалізації.

Наведемо найпоширеніші фактори:

1. Рівень визначеності величини майбутнього попиту.
2. Адміністративна політика щодо втрат з-за дефіциту (допускається виконання замовлень клієнтів з запізненням чи ні).
3. Визначення параметрів витрат на зберігання і розміщення замовлень.
4. Визначення розмірів страхових запасів й проміжків часу між розміщенням замовлення на поповнення запасів й їх отриманням для передачі у виробництво.
5. Збутова політика постачальників, наявність планів закупівель з оптовими скидками.

Складність задач управління запасами, вплив розмірів запасів на виробничий процес визначили надзвичайну актуальність цієї проблематики. Тож з появою перших серійних ЕОМ розпочалися

масштабні роботи зі створення АСУП (автоматизованих систем управління підприємством), у першу чергу для підприємств крупносерійного приладобудування, які характеризуються широким асортиментом напівфабрикатів, деталей і конструкцій, що входять до складу готової продукції, а також великою різноманітністю сировини, матеріалів та інструментів, що використовуються на їх виготовлення. У колишньому СРСР ці дослідження й практичні розробки були зосереджені в академічному Інституті кібернетики у Києві під керівництвом академіка В.М. Глушкова, перші розробки АСУП були впроваджені саме на приладобудівних заводах Львова (випуск телевізорів), Кунцева (Росія) та ін. Тепер для цих процесів застосовують модулі управління складським господарством у складі універсальних інформаційних систем управління підприємством.

Поруч з такими модулями в рамках АРМ менеджера застосовують спеціалізовані моделі, де, зокрема, використовуючи популярну й потужну програму Microsoft Excel, можна створювати економіко-математичні моделі для оперативного аналізу нестандартних ситуацій у сфері менеджменту матеріально-виробничих запасів. Робота з такими моделями дозволяє краще зрозуміти роботу алгоритмів, вбудованих в універсальні пакети програм управління підприємством, й певним чином їх модифікувати.

Наша ціль – представити зразки типових моделей управління на основі електронних таблиць на рівнях їх побудови для певних типів задач, модифікації для реалізації додаткових функцій та методики прийняття управлінських рішень за їх допомогою.

Наукове управління запасами: методи, моделі та їх комп'ютерна реалізація

У відповідності до розмаїтості виробничих та обслуговуючих процесів існують різні типи задач управління запасами для них й їх математичні моделі:

- лінійні і нелінійні;
- неперервні і дискретні;
- з незмінною і змінною ціною предметів в залежності від розміру поставки;
- з фіксованим і змінюваним об'ємом замовлення;
- з фіксованим і змінюваним періодом поповнення запасу;
- з незалежним і залежним попитом;
- одно- і багатопродуктові;
- одно- і багатоперіодні;
- одно- і багатофазні;
- статичні і динамічні;

- детерміновані і стохастичні;
- локальні і розподілені та їх комбінації.

Широтою і специфічністю постановок задач визначається надзвичайна наукова й практична актуальність проблематики, пов'язаної із забезпеченням запасами виробничих та обслуговуючих процесів на рівні їх технічного забезпечення.

Однопродуктова задача оптимального управління запасами

Класична модель оптимального управління запасами зводиться до визначення економічно обґрунтованого розміру замовлення (EOQ, economic order quantity – економічно обґрунтований розмір замовлення), за яким загальні витрати на розміщення й зберігання замовлення мінімальні. Ця модель є дещо «ідеальною», бо коректна за умов: фіксованого розміру замовлення; стабільного попиту; миттєвого поповнення запасу; відсутністю дефіциту на готову продукцію і необмежений розмір складського приміщення і суми фінансування на закупівлю.

Зате її цінність полягає у прозорості відповідної математичної моделі, можливості отримання розв'язку задачі графічним (побудовою графіків функцій витрат), аналітичним (за формулою Уїлсона) та оптимізаційним (нелінійного програмування) методами, що й забезпечила їй популярність вже майже сто років. Модифікація цієї моделі дозволяє наблизити її до реальності внесенням відповідних змін в математичну модель.

Основні витрати на створення запасу одного продукту (V) для заданого попиту P на певний часовий період, питомих витрат на зберігання z і розміщення r одного замовлення величиною x складаються з двох складових: витрат на розміщення замовлення (V_r) і витрат на зберігання запасів (V_z):

$$V(x) = V_r + V_z = r \frac{P}{x} + z \frac{x}{2}$$

де: $\frac{P}{x}$ – кількість замовлень (поставок, партій); $\frac{x}{2}$ – середній розмір

запасу протягом заданого періоду часу.

За умови $\frac{dV(x)}{dx} = 0$ отримуємо шуканий результат:

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{2Pr}{z}} \text{ (формула Уїлсона).}$$

Приклад.

Варіант а: закупівельна ціна C не залежить від розміру замовлення, вартість зберігання z визначається як частка (%) закупівельної ціни (рис. 1, а):

Модель оптимального управління запасами	
Вартість зберігання (% варт. замовл.)	24%
Вартість розміщення замовлення, r	25,35
Попит, P	1000
Питомі витрати	
Закупівельна ціна (C)	8,22
Витрати на зберігання од. замовл. (% C), z	1,97
Об'єм замовлення (x)	160,312
Загальні витрати:	
Вартість розміщення замовлення, $r(x)$	158,13
Витрати на зберігання, $z(x)$	158,13
Вартість закупівлі, CP	8220,00
Всього (ЦФ), $v(x)$:	8536,26
Формула Уілсона =	160,311

а) $C = \text{const}$;

Модель оптимального управління запасами	
Вартість зберігання (% варт. замовл.)	24%
Вартість розміщення замовлення, r	25,35
Попит, P	1000
Питомі витрати	
Закупівельна ціна (C)	4,93
Витрати на зберігання од. замовл. (% C), z	1,18
Об'єм замовлення (x)	206,96
Загальні витрати:	
Вартість розміщення замовлення, $r(x)$	122,49
Витрати на зберігання, $z(x)$	122,49
Вартість закупівлі, CP	8220,00
Всього (ЦФ), $v(x)$:	8464,97

б) $C(x)$

Рис. 1.

Варіант б: у багатьох реальних випадках існує можливість зменшити витрати на утворення запасів за рахунок закупівель товарів великими партіями, оскільки закупівельна ціна є нелінійною функцією $C(x)$ від розміру замовлення x і задана у дискретній формі у вигляді системи процентних знижок $S(\%)$. Результат розрахунків (рис. 1. б) визначив зниження загальних витрат (8465 проти 8536,3) за рахунок збільшення розміру замовлення (207 проти 160,3), придбаного за зниженою ціною.

x	$C(x)$	$S(\%)$
50	8,22	100%
100	6,58	80%
150	5,84	71%
200	5,26	64%
250	4,93	60%

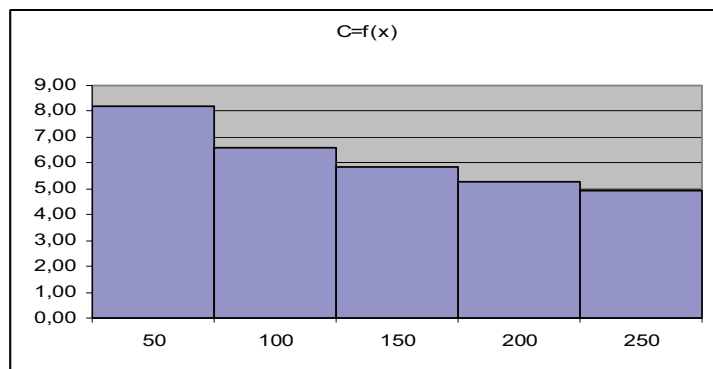


Рис. 2. Нелінійна функція закупівельної ціни $C(x)$

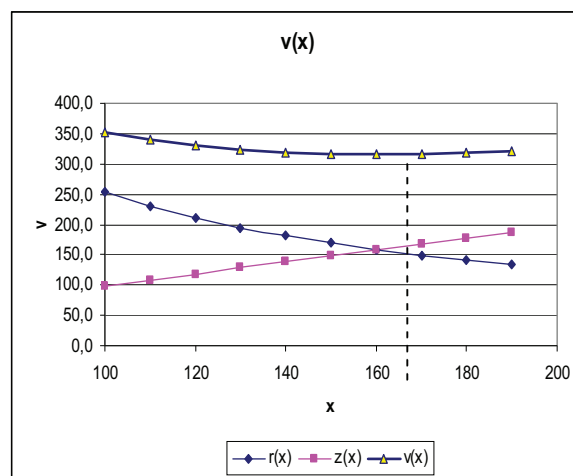
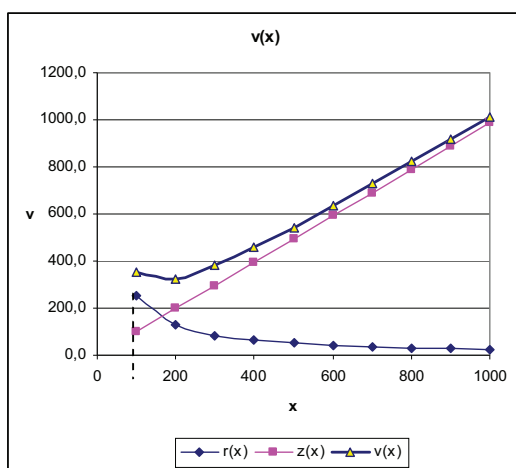


Рис. 3. Загальний і деталізований графік функцій витрат

Багатопродуктова задача управління запасами

Це типова практична задача, де одночасно визначаються замовлення для кількох предметів з різними характеристиками: попитом, вартісними оцінками, розміром тощо. Для її розв'язання застосовується класична модель EOQ.

Задача 1 (без обмежень)

Назва продукту	Об'єм, м ³	Попит, Р	% варт. замовл.	Ціна, С	Вартість розміщення, г	Вартість зберігання, z	Замовлення (x)	Вартість замовлення, Сх	Об'єм замовл., м ³	Витрати на розміщення, f(x)	Витрати на зберігання, z(x)	Всього, v(x)	Замовлення (формула Уїлсона), хи
Продукт 1	7,0	1000	24%	8,22	25,35	1,97	160,3	1317,8	1122,2	158,13	158,13	316,26	160,31
Продукт 2	5,3	345	25%	78,98	20	19,75	26,4	2088,0	140,1	261,00	261,00	522,00	26,44
Продукт 3	0,2	200	23%	12,00	27	2,76	62,6	750,7	12,5	86,32	86,32	172,65	62,55
Продукт 4	1,5	100	20%	123,00	10	24,60	9,0	1109,1	13,5	110,91	110,91	221,81	9,02
Продукт 5	5,5	90	20%	89,78	12	17,96	11,0	984,7	60,3	98,47	98,47	196,94	10,97
Продукт 6	4,5	500	22%	2,88	45	0,63	266,5	767,5	1199,3	84,43	84,43	168,85	266,50
Продукт 7	123,5	120	20%	13,56	200	2,71	133,0	1804,0	16430,2	180,40	180,40	360,80	133,04
Продукт 8	7,8	350	18%	56,77	65	10,22	66,7	3788,2	520,5	340,93	340,93	681,87	66,73
Продукт 9	56,9	700	21%	11,12	200	2,34	346,3	3850,5	19702,9	404,31	404,31	808,61	346,27
Продукт 10	80,0	45	20%	10,00	54	2,00	49,3	493,0	3943,6	49,30	49,30	98,59	49,30
								16953,3	43145,0			3548,39	

Знайдений план замовлень X співпадає з результатом, отриманим за формулою Уїлсона, тобто, це «ідеальний» план, який неможливо покращити, він служить верхньою границею для всіх наступних планів, що знаходять із врахуванням зовнішніх умов і відповідних обмежень. Ясно, що у реальних умовах здійснити такий план не завжди можливо, оскільки існують об'єктивні умови, що обмежують такий план. Зокрема, до таких умов слід віднести обмежений об'єм фінансування на здійснення відповідних закупівель чи, найчастіше, обмежений розмір складських приміщень чи спеціальних територій, призначених для зберігання замовлень.

Більшість новацій у сучасному менеджменті (типу методу JIT, just-in-time, точно вчасно, що виник в Японії з-за явних територіальних обмежень) стосуються мінімізації запасів саме з позицій врахування обмежень на розміри місць для їх зберігання.

Задача 2 (врахування обмежень на фінансування)

Назва продукту	Об'єм, м ³	Попит, Р	% варт. замовл.	Ціна, С	Вартість розміщення, г	Вартість зберігання, z	Замовлення (x)	Вартість замовлення, Сх	Об'єм замовл., м ³	Витрати на розміщення, f(x)	Витрати на зберігання, z(x)	Всього, v(x)	Замовлення (формула Уїлсона), хи
Продукт 1	7,0	1000	24%	8,22	25,35	1,97	117,5	965,6	822,3	215,79	115,88	331,67	160,31
Продукт 2	5,3	345	25%	78,98	20	19,75	19,6	1544,4	103,6	352,86	193,05	545,91	26,44
Продукт 3	0,2	200	23%	12,00	27	2,76	45,4	544,6	9,1	118,98	62,63	181,61	62,55
Продукт 4	1,5	100	20%	123,00	10	24,60	6,3	777,5	9,5	158,20	77,75	235,95	9,02
Продукт 5	5,5	90	20%	89,78	12	17,96	7,7	690,3	42,3	140	69,03	209,49	10,97
Продукт 6	4,5	500	22%	2,88	45	0,63	191,3	551,0	860,9	117,61	60,60	178,22	266,50
Продукт 7	123,5	120	20%	13,56	200	2,71	93,3	1264,7	11518,2	257,33	126,47	383,80	133,04
Продукт 8	7,8	350	18%	56,77	65	10,22	45,5	2583,7	355,0	499,88	232,53	732,41	66,73
Продукт 9	56,9	700	21%	11,12	200	2,34	245,7	2732,7	13982,9	569,70	286,93	856,63	346,27
Продукт 10	80,0	45	20%	10,00	54	2,00	34,6	345,6	2764,6	70,32	34,56	104,87	49,30
								12000,0	30468,3			3760,57	
								Бюджет, грн. =	12000				

Ясно, що фінансові обмеження на придбання й супроводження запасів привели до менших за розмірами замовлень i , відповідно, до збільшення кількості замовлень й загальних витрат (за рахунок зростання витрат на розміщення замовлень, зсув точки мінімуму на ліву гілку графіку, рис. 3).

Задача 3 (врахування обмежень на фінансування і розмір складу)

Назва продукту	Об'єм, м ³	Попит, Р	% варт. замовл.	Ціна, С	Вартість розміщення, г	Вартість зберігання, z	Замовлення (x)	Вартість замовлення, Сх	Об'єм замовл., м ³	Витрати на розміщення, г(x)	Витрати на зберігання, z(x)	Всього, v(x)	Замовлення (формула Уілсона), xi
Продукт 1	7,0	1000	24%	8,22	25,35	1,97	125,8	1034,4	880,9	201,44	124,13	325,57	160,31
Продукт 2	5,3	345	25%	78,98	20	19,75	22,9	1808,2	121,3	301,39	226,02	527,41	26,44
Продукт 3	0,2	200	23%	12,00	27	2,76	54,0	647,7	10,8	100,05	74,48	174,53	62,55
Продукт 4	1,5	100	20%	123,00	10	24,60	7,6	939,5	11,5	130,93	93,95	224,87	9,02
Продукт 5	5,5	90	20%	89,78	12	17,96	9,2	828,0	50,7	117	82,80	199,90	10,97
Продукт 6	4,5	500	22%	2,88	45	0,63	190,7	549,4	858,4	117,96	60,43	178,39	266,50
Продукт 7	123,5	120	20%	13,56	200	2,71	58,2	789,0	7186,0	412,47	78,90	491,37	133,04
Продукт 8	7,8	350	18%	56,77	65	10,22	54,6	3097,2	425,5	417,00	278,74	695,74	66,73
Продукт 9	56,9	700	21%	11,12	200	2,34	187,1	2080,8	10647,4	748,16	218,49	966,65	346,27
Продукт 10	80,0	45	20%	10,00	54	2,00	22,6	225,9	1807,5	107,55	22,59	130,15	49,30
								12000,0	22000,0			3914,59	
							Бюджет, грн. =	12000	22000	Об'єм складу, м ³			
							Множн. Лагранжа	-0,039	-0,042				

Аналіз результату

Пряма задача. Знайдено план X , за яким мінімізуються загальні витрати за умови задоволення заданих обмежень з фінансування й складування.

Двоїста задача. Для нелінійних задач двоїстими оцінками є значення множників Лагранжа, що вказують на швидкість зміни значення ЦФ при зміні правих частин обмежень. В прикладі збільшення суми фінансування на утворення запасу приведе до зменшення загальних витрат зі швидкістю $-0,039$, а розміру складу – з дещо більшою швидкістю $-0,042$. Маючи двоїсті оцінки менеджер має змогу обґрунтувати своє рішення щодо шляхів зменшення загальних витрат на утворення запасів за рахунок збільшення суми фінансування чи розмірів складських приміщень.

Задача мінімізації кількості комплектів замовлень

Ця задача виникає у тих випадках, коли необхідно різноманітні запаси отримувати в одному місці (на базі) у вигляді комплекту, мінімізуючи не розміри окремих замовлень x_i , а кількість партій (рейсів транспортних засобів) для перевезення різних предметів у різних кількостях.

Знаючи попит P_i на кожен i -ий предмет, розмір замовлення x_i визначається як $x_i = \frac{P_i}{R}$, де R – шукана кількість рейсів. Функція загальних витрат $v(R)$ є опуклою функцією з явно вираженим мінімумом, який й треба знайти (величина цілого типу).

Таблична модель і результат:

Назва продукту	Об'єм, м ³	Попит, Р	% варт. замовл.	Ціна, С	Вартість розміщення, г	Вартість зберігання, z	Замовлення (x)	Вартість замовлення, Сх	Об'єм замовл., м ³	Витрати на розміщення, г(x)	Витрати на зберігання, z(x)	Всього, v(x)	Замовлення (формула Уілсона), xi
Продукт 1	7,0	1000	24%	8,22	25,35	1,97	250,0	2055,0	1750,0	101,40	246,60	348,00	160,31
Продукт 2	5,3	345	25%	78,98	20	19,75	86,3	6812,0	457,1	80,00	851,50	931,50	26,44
Продукт 3	0,2	200	23%	12,00	27	2,76	50,0	600,0	10,0	108,00	69,00	177,00	62,55
Продукт 4	1,5	100	20%	123,00	10	24,60	25,0	3075,0	37,5	40,00	307,50	347,50	9,02
Продукт 5	5,5	90	20%	89,78	12	17,96	22,5	2020,1	123,8	48	202,01	250,01	10,97
Продукт 6	4,5	500	22%	2,88	45	0,63	125,0	360,0	562,5	180,00	39,60	219,60	266,50
Продукт 7	123,5	120	20%	13,56	200	2,71	30,0	406,8	3705,0	800,00	40,68	840,68	133,04
Продукт 8	7,8	350	18%	56,77	65	10,22	87,5	4967,4	682,5	260,00	447,06	707,06	66,73
Продукт 9	56,9	700	21%	11,12	200	2,34	175,0	1946,0	9957,5	800,00	204,33	1004,33	346,27
Продукт 10	80,0	45	20%	10,00	54	2,00	11,3	112,5	900,0	216,00	11,25	227,25	49,30
								22354,8	18185,9			5052,93	
						Кількість	4						

Динамічна модель економічного управління складом

Склад (база) є сервісною організацією, яка надає послуги по зберіганню продукції. Його основним ресурсом є складські приміщення і природно, що якісний менеджмент у цій сфері зводиться до максимізації доходу від користування цим ресурсом у динамічному режимі за рахунок зваженої цінової політики придбання (заповнення) й реалізації (відвантаження) продукції.

У наведеному прикладі сформована динамічна модель оптимального управління складськими приміщеннями.

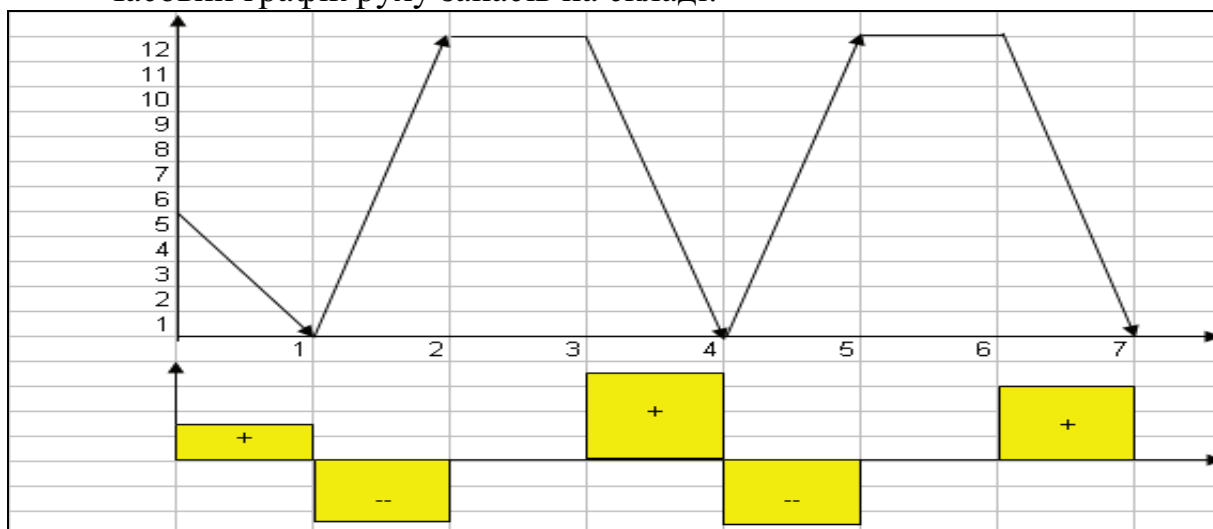
Початкові дані:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Управління запасами на складі									
2	Позначення:					X (вектор кількостей за періоди постачання)				
3	A (початковий рівень запасу)= 5				Y (вектор кількостей за періоди реалізації)					
4	B (ємність складу) = 12				P (вектор цін реалізації по періодам)					
5	n (число періодів, горизонт планування) = 7				C (вектор закупівельних цін по періодам)					
6	П (прибуток = дохід від реалізації - витрати на постачання)									
7	обмеження:									
8	сумарний збут за і періодів не більше початкового запасу + сумарного постачання за (i-1) періодів									
9	сумарне постачання за і періодів не більше B-A+сумарний збут за і періодів									

Результат:

10	A=	5	B=	12	B-A=	7					
11	Горизонт планування										
12	Період	1	2	3	4	5	6	7			
13	C	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	закупка		
14	P	0,6	0,4	0,5	0,62	0,45	0,2	0,5	продаж		
15	закупка X	0	12	0	0	12	0	0	витрати на закупку		9,60
16	збут Y	5	0	0	12	0	0	12	дохід від продажу		16,44
17	сума X	0	12	12	12	24	24	24	прибуток ЦФ=		6,84
18	сума Y	5	5	5	17	17	17	29			
19	x-y	-5	12	0	-12	12	0	-12			
20	левая 1	-5	7	7	-5	7	7	-5	B-A		
21	левая 2	5	5	-7	5	5	-7	5	A		
22	прибуток	3,00	-4,80	0,00	7,44	-4,80	0,00	6,00			6,84
23	на складі	0	12	12	0	12	12	0	сума прибутків		
24	Двоїста задача										
25	X	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	Що дасть вимушена		
26	Y	0	-0,2	0	0	-0,15	-0,3	0	закупівля чи збут		
27	Отримання	0	0,1	0,12	0	0,1	0	0	Що дасть		
28	Збут	0	0,2	0	0,02	0,2	0	0,5	збільшення A та B		

Часовий графік руху запасів на складі:



Динамічна модель планування та управління запасами продукції

Процес виробництва однорідної продукції протягом періоду планування ставить за мету задоволення попиту, який змінюється у часі (скажімо, в залежності від сезону). З-за нерівномірного графіку споживання існують моменти, коли кількість виробленої продукції перевищує попит й навпаки, коли попит перевищує виробничі можливості підприємства. Для узгодження графіків виробництва й споживання утворюються запаси (газу чи вугілля в опалювальний період, збиральної техніки, нафти і нафтопродуктів в період збирання врожаю, будівельних матеріалів, харчових продуктів, одяжі та взуття для відповідного сезону, фінансів для здійснення інвестиційних проектів).

Виробнича політика на тривалий часовий період планування визначає періоди, коли попит забезпечується виготовленням продукції чи використанням запасів на складах підприємства чи у спеціальних сховищах (базах, центрах).

Таким чином, мова йде, фактично, про задачу мінімізації витрат, пов'язаних зі створенням, використанням й супроводженням різноманітних запасів. Ці витрати, як відомо, складають суттєву частку собівартості продукції.

Загальні витрати складаються з витрат на суто виробництво і витрат на супроводження продукції, зокрема, на її зберігання у вигляді запасів. Задані питомі витрати на випуск одиниці продукції та її зберігання, необхідно визначити оптимальний графік виробництва по періодам (скільки і коли), який мінімізує загальні витрати.

В основу обчислень покладено рівняння матеріального балансу:

$$y_t = y_{t-1} + x_t - d_t,$$

тобто, це рекурентна формула:

$$\begin{aligned} \text{Запас на кінець } t\text{-го періоду } (y_t) &= \text{Запас на початок } t\text{-го періоду } (y_{t-1}) \\ &+ \text{Випуск у } t\text{-ий період } (x_t) - \text{Попит у } t\text{-ий період } (d_t) \end{aligned}$$

Задача оптимізації

I. Знайти такий план виробництва у вигляді вектора $X = \{x_t\}$, $t = 1, \dots, N$, де x_t – об'єм випуску продукту в t -ий період, N – кількість часових періодів, щоб

II. цільова функція (загальні витрати на випуск і зберігання)

$$Z = \sum_{t=1}^N c_t x_t + \sum_{t=1}^N v_t \frac{y_{t-1} + y_t}{2} \rightarrow \min,$$

III. за обмежень:

$$y_t = y_{t-1} + x_t - d_t \text{ (рівняння матеріального балансу)}$$

$$y_t \geq 0 \text{ (умова задоволення попиту)}$$

$$\text{та граничних умов } x_t \geq 0.$$

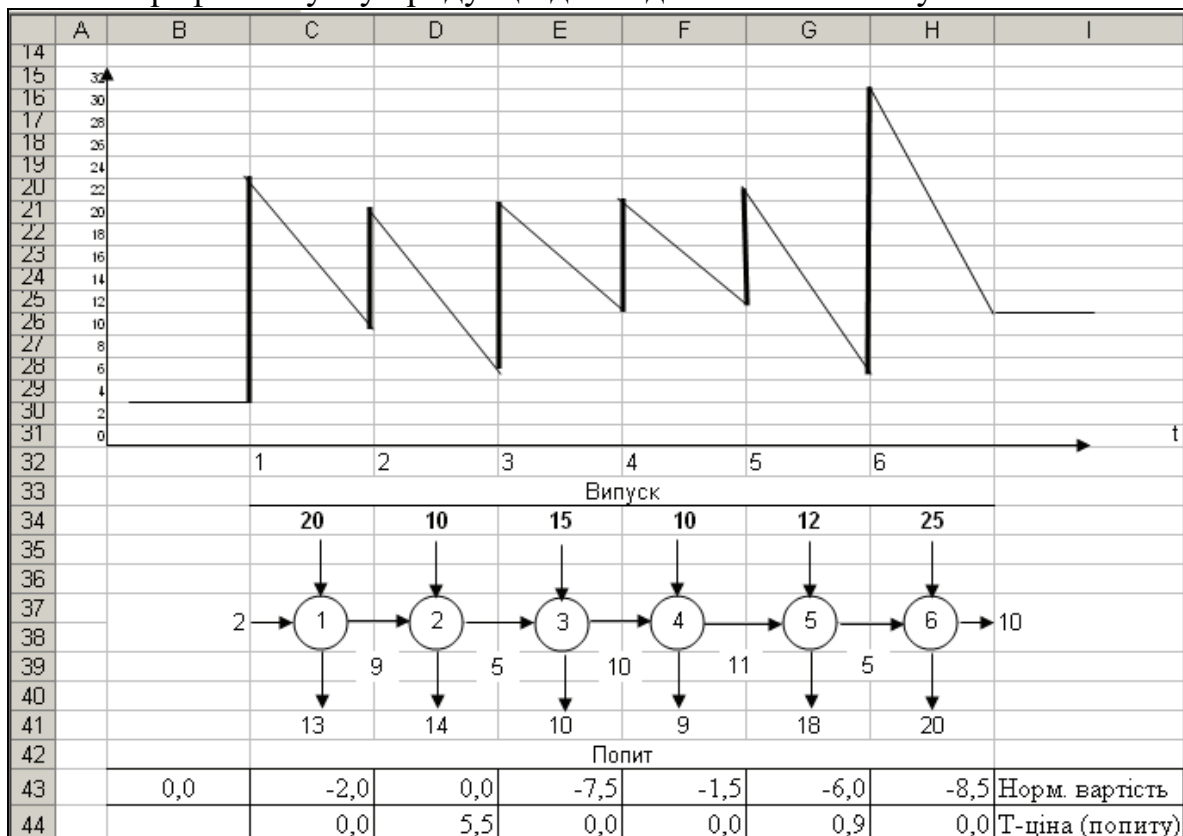
де: c_t , v_t – питомі витрати на випуск і зберігання у t -ий період.

Результат

Багатоперіодна модель "випуск-зберігання" (ЦЛП)									
		Горизонт планування							
		Період 1	Період 2	Період 3	Період 4	Період 5	Період 6	Період 7	
5	попит на продукт (D)	13	14	10	9	18	20		
6	виробничі витрати (C)	5,5	8,9	3	11,5	9,6	9,9		
7	витрати на зберігання (V)	1,6	1,1	2,2	2,8	2,4	3,1		
8	План (X)	20	10	15	10	12	25	обмеж (y_6)	т-ціна
9	залишок на кінець (Y_t)	9	5	10	11	5	10	10	19,9
10	Витрати на вир-во (CX)	110,0	89,0	45,0	115,0	115,2	247,5	721,7	
11	Вит. на зберігання (VY)	8,8	7,7	16,5	29,4	19,2	23,3	104,9	
12	залишок на початок (Y_{t-1})	2	2,0	9,0	5,0	10,0	11,0	5,0	826,6
13	Потужність (M)	20	15	15	10	12	25	цф=	

Загальні витрати мінімізовані за рахунок розподілу виробничої програми у часі, утворення проміжних запасів готової продукції і задоволення попиту за їх допомогою.

Часовий графік випуску продукції для задоволення попиту:



Висновки. Розв'язання проблеми підвищення ефективності управління матеріально-виробничими запасами вимагає переходу від традиційних методів управління до управління з використанням економіко-математичних моделей оптимального управління запасами, які дозволяють включити управління запасами до складу основних напрямів

активно здійснюваної підприємством стратегії ринкової поведінки. Це має забезпечити гнучкість виробничої політики в умовах конкуренції та невизначеності.

Використані джерела інформації:

1. Harris F. Operations Cost (Factory Management Series), Chicago, 1915.
2. Wilson R. A Scientific Routine for Stock Control, Harvard Business Review, 1934
3. Taylor F. The Principles of Scientific Management, 1911
4. Букан Дж., Кенигсберг Э. Научное управление запасами: Пер. с англ. – М.: Наука, 1967. – 423 с.
5. Хаксевер К. и др. Управление и организация в сфере услуг: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2002. – 752 с.
6. Чейз Р. и др. Производственный и операционный менеджмент: Пер. с англ.: М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 704 с.
7. Мескон М. и др. Основы менеджмента: Пер. с англ. – М.: Дело, 2004. – 720 с.
8. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2006. – 720 с.
9. Мур Дж. и др. Экономическое моделирование в Microsoft Excel: Пер. с англ.: М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 1024 с.
10. Кузьмичов А.І., Медведєв М.Г. Нелінійні задачі математичного програмування в MS Excel: Навч. пос. – К.: ВПЦ АМУ, 2007. – 177 с.