

**А.М.ТКАЧЕНКО, Є.Ю.АНТИПЕНКО****РАціонаЛІЗАЦІЯ ВАРТІСНИХ ПАРАМЕТРІВ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАВОК ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ**

Стаття присвячена розгляду математичної моделі управління матеріальними запасами із узагальненими номенклатурними випадками, що дозволяє оптимізувати витрати підприємства на етапі переміщення та зберігання продукції від постачальників у необхідну точку попиту (будівельний майданчик, склад будівельної організації, філію тощо), враховує багатомітенклатурність поставки продукції із суттєво розширеною параметричною базою, зокрема, площу складування, обмеження щодо мінімального розміру і вартості доставленої продукції, витрати на зберігання, можливі обсяги замовлення, втрачену вигоду і т.д.

**Ключові слова:** матеріальні запаси, інвестиційний аналіз, ланцюги поставок, підприємство будівельної галузі, стратегія, реорганізація

**А.М.ТКАЧЕНКО, Е.Ю.АНТИПЕНКО****РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СТОИМОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

Статья посвящена рассмотрению математической модели управления материальными запасами с обобщенными номенклатурными случаями, позволяет оптимизировать затраты предприятия на этапе перемещения и хранения продукции от поставщиков в необходимую точку спроса (строительная площадка, склад строительной организации, филиал и т.д.), учитывает многономенклатурность поставки продукции с существенно расширенной параметрической базой, в частности, площадь складирования, ограничения по минимальному размеру и стоимости доставленной продукции, затраты на хранение, возможные объемы заказа, упущенную выгоду и т.д.

**Ключевые слова:** материальные запасы, инвестиционный анализ, цепи поставок, предприятие строительной отрасли, стратегия, реорганизация

**А.М.ТКАЧЕНКО, Е.У.АНТИПЕНКО****VALUE PARAMETERS RATIONALIZATION OF SUPPLY CHAINS MATERIAL FLOWS OF THE BUILDING INDUSTRY ENTERPRISES**

*The article is devoted to the mathematical inventory control models with generalized nomenclature cases, to optimize the cost of the enterprise at the stage of moving and storage products from suppliers in the desired point of demand (construction site, a warehouse of a construction company, subsidiaries, etc.), takes into account a large range of products significantly enhanced parametric basis, in particular, storage area, restrictions on minimum size and cost of the delivered products, storage costs, possible volumes of orders, loss of profit, etc.*

**Keywords:** stocks, investment analysis, supply chain, enterprise building industry, strategy, reorganization

**Вступ.** Рівень матеріалоемності у будівельному виробництві (БВ) та інвестиційно-будівельних проектах (ІБП) має один з найбільших показників, як у абсолютному, так в відносному виразі, серед будь-яких інших реальних секторів економіки держави. Вочевидь, однією з найбільш актуальних практичних задач є необхідність скорочення можливих логістичних витрат по усім витратним статтям, що призводить до необхідності оптимізації матеріальних потоків підприємства та пошуку раціонального ресурсно-матеріального запасу (РМЗ) для кожного періоду реалізації ІБП та виробничої ситуації згідно із ресурсно-календарними графіками постачання, графіком виконання БМР, іншими замовленнями та договірними зобов'язаннями. При цьому слід зазначити, що будівельному підприємству або організації (БП(О)) притаманний багатомітенклатурний асортимент матеріалів та продукції, що в теоретичному сенсі узагальнює задачу визначення раціональної кількості матеріальних запасів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розгляд існуючих підходів [2,5-7,9-10] у питаннях управління матеріальними потоками ланцюгів поставок ЛП БП(О) показав, що існуючі істотні недоліки у процесах їх аналізу, моделювання та планування призводить до погіршення фінансово-економічних показників діяльності БП(О), зриву термінів та умов виконання БМР та договірних

зобов'язань та, у більш негативних випадках, збитків у операційній діяльності та інших кризових явищ. Фінансово-економічні показники будь-якого напрямку діяльності є найбільш збалансованим індикативом [1,4,8] та реальним відображенням раціональності рівня побудови системи управління ланцюгами поставок (С(УЛП)) та, зокрема, системи управління матеріальними потоками (МП).

В залежності від управлінських рішень та прийнятих моделей і методів, відповідно до яких функціонує той чи інший напрямок, визначається рівень витрат на управління відповідними видами діяльності. З метою підтримання функціонування БП(О), система управління МП повинна забезпечуватися по будь-якому напрямку діяльності. У свою чергу, у системі управління МП процеси мобілізації та подальшої доставки необхідних матеріалів до точок попиту (будівельних майданчиків, складів, проміжних пунктів сортування, філій тощо) матеріальних потоків БП(О) є найбільш значущими статтями витрат С(УЛП) БП(О).

**Постановка задачі.** Мета даного дослідження – запропонувати теоретико-оптимізаційний апарат скорочення витрат у задачах визначення раціональної кількості матеріальних запасів будівельних підприємств.

**Методологія.** Теоретико-методологічною основою дослідження, результати якого представлені в у статті, послужили праці вітчизняних

і зарубіжних вчених, присвячених проблемам управління матеріальними потоками у ланцюгах поставок та раціоналізації кількості рівня матеріальних запасів підприємств і організацій будівельної галузі.

**Результати дослідження.** Розглянемо структуру загальних витрат С(УЛП) БП(О). Структура загальних витрат при управлінні МП БП(О) представлена у вивізі (1):

$$\zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{A}} = \sum_{K=1}^k \zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}}$$

$$\zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}} = \sum_{K=1}^k \left[ \begin{array}{l} \zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}1} + \zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}2} \\ + \zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}\zeta} + \\ + \zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}i} + \zeta \hat{A}(\hat{\partial} \hat{i})^{\hat{E}2} \end{array} \right] \quad (1)$$

де  $ZB(TP)^B$  - загальні витрати С(УЛП) за всіма точками попиту БП(О);  $B$  - кількість точок попиту (будівельних майданчиків, складів, проміжних пунктів сортування, філій тощо) матеріальних потоків БП(О);  $ZB(TP)^K$  - загальні витрати С(УЛП)  $k$ -ї точки попиту БП(О);  $B(TP)^{KM}$  - витрати С(УЛП)  $k$ -ї точки попиту БП(О) на мобілізацію або придбання необхідних матеріальних ресурсів. Витрати на мобілізацію або придбання необхідних матеріальних ресурсів зазвичай визначаються вартістю одиниці продукції у відповідному вимірі (шт., м, м.пог., м.кв, кг, т тощо). Вартість може мати, як постійне значення, так і змінне та може значно змінюватись у випадку надання і калькуляції знижок і дисконтів, які залежать від договірних зобов'язань, термінів, обсягів, умов зберігання і т.д.

$B(TP)^{KT}$  - витрати С(УЛП)  $k$ -ї точки попиту БП(О) на транспортування матеріальних ресурсів до  $k$ -ї точки попиту. Це група витрат, пов'язана із розміщенням замовлення і його транспортуванням до  $k$ -ї точки попиту БП(О). На практиці використовуються різні підходи до обліку цих витрат:

1) сума витрат на кожне замовлення є фіксованою величиною, яку приймають при ресурсно-календарному плануванні діяльності БП(О) або окремого ІБП на наступні періоди;

2) сума витрат на кожне замовлення враховується у розмірі вартості необхідних матеріальних ресурсів, що транспортуються;

3) сума витрат на кожне замовлення калькулюється як вартість доставки необхідних матеріальних ресурсів до точки попиту із диференціацією за видами і способами доставки.

$B(TP)^{K3}$  - витрати С(УЛП)  $k$ -ї точки попиту БП(О) на зберігання матеріальних ресурсів. Ця група витрат включає витрати на зберігання (утримання) необхідного РМЗ, їх обслуговування (наприклад відвантаження, завантаження) та відповідну систему управління.

$B(TP)^{KH}$  - очікуванні «витрати» у С(УЛП)  $k$ -ї точки попиту БП(О) від недостатнього РМЗ (нестачі або відсутності матеріальних ресурсів у момент їх попиту). Витрати від недостатнього РМЗ включають можливі втрати через відсутність запасу, через невиконання договірних зобов'язань або втрату довіри інших учасників ЛП бо ІБП.

$B(TP)^{KT}$  - інші витрати С(УЛП)  $k$ -ї точки попиту БП(О). Це група витрат, які існують у практичній діяльності БП(О), але є півні труднощі із їх коректною математичною формалізацією та моделюванням у теоретико-розрахунковому апараті. До таких можливо віднести: перемінні витрати на зберігання продукції у залізничних вагонах, в контейнерах, кузовах або додаткові витрати, що виникають при розвантаженні/завантаженні транспортних засобів і т.д.

БП(О) протягом свого життєвого циклу проходить різні етапи розвитку та має відповідно різні базові стратегії поведінки, які формуються у залежності до умов функціонування, ринкових умов, галузі існування та інших екзогенних та ендогенних особливостей діяльності БП(О). Якщо на певному етапі розвитку некоректно обрана базова стратегія поведінки, то як результат, БП(О) має значні фінансові збитки. Тому, питання вибору коректної стратегії поведінки на тому чи іншому етапі функціонування БП(О) або тому чи іншому етапі розгортання ЛП має істотне значення для його фінансового становища.

З точки зору функціонування підприємств та організацій саме будівельної галузі МП має 2 основні стадії розвитку. Таким чином, можливо виділити дві основні стратегії поведінки БП(О) у питаннях оптимізації систем управління МП, які мають відповідні критерії та оптимізаційний апарат.

Перша стратегія (притаманна першій стадії розвитку МП, а саме стадії розгортання МП: поява нової точки попиту, нового учасника ЛП, нового замовника і т.п.) - скорочення витрат на С(УЛП), відповідний оптимізаційний критерій - мінімізація сумарних виплат, базовий оптимізаційний апарат - методи і моделі теорії дослідження операцій.

Друга стратегія (притаманна наступній стадії розвитку МП, а саме стадії усталеного МП: усі точки попиту МП функціонують у необхідному режимі, ІБП реалізується згідно планових показників і т.п.) - збільшення прибутку у С(УЛП), відповідний оптимізаційний критерій - максимізація позитивного сальдо фінансових потоків, базовий оптимізаційний апарат - методи і моделі теорії дослідження операцій та генетичні методи і моделі оптимізації (табл. 1).

Таким чином, аналіз обох базових стратегій поведінки БП(О) у відповідності до стадії розвитку МП є єдиним критеріально та численно формалізованим підґрунтям для прийняття необхідно управлінських рішень щодо раціональності побудови С(УЛП).

Для аналізу витрат ЛП необхідно відокремити найбільш значущі за величиною та волатильністю складові показників  $ZB(TP)^B$  та  $ZB(TP)^K$ .

$B(TP)^{KM}$  безумовно є найбільш значущим показником з точки зору абсолютної величини цієї групи витрат. Але в умовах підрядно-контрактного будівництва  $B(TP)^{KM}$  не є достатньо волатильним показником у процесах раціоналізації С(УЛП). Натомість показники  $B(TP)^{KT}$  та  $B(TP)^{K3}$  мають значну абсолютну величину витрат та достатньо волатильні у реальному ринковому середовищі будівельної галузі. Групи показників  $B(TP)^{KH}$  та

$V(T\Pi)^{KT}$  також мають волатильність та у порівнянні із  $V(T\Pi)^{KT}$  та  $V(T\Pi)^{K3}$  цей вплив на  $ZB(T\Pi)^B$  та  $ZB(T\Pi)^K$  не є значним.

Таблиця 1 - Базові стратегії поведінки БП(О) на різних стадіях розвитку МП у С(УЛП)

Стадія розвитку МП	Стратегії	Критерії	Оптимізаційний апарат
Розгортання МП (нова точка попиту, учасник ЛП, замовник)	Скорочення витрат на С(УЛП)	Мінімізація сумарних витрат	Теорія дослідження операцій
Усталений МП (функціонуюча точка попиту із існуючим МП, ІБП, що вже реалізується)	Збільшення прибутку у С(УЛП)	Максимізація позитивного сальдо фінансових потоків	Теорія дослідження операцій, генетичні методи і моделі оптимізації

У стратегії скорочення витрат на С(УЛП) у питанні мінімізації витрат основних показників впливу  $V(T\Pi)^{KT}$  та  $V(T\Pi)^{K3}$ , необхідно шукати мінімум щодо обсягу замовлення (ОЗ) матеріальних ресурсів  $P$  у точку попиту  $k$ , тобто величини  $OZ^{KP}$ , при  $K=(1;k), P=(1;p)$ . При цьому розрахунок  $V(T\Pi)^{K3}$  розраховуються після визначення способу доставки  $MP$  до точки попиту. Це обумовлено обмеженням будь-якого обсягу замовлення у конкретну точку попиту.

Таким чином, функція цілі стратегії поведінки БП(О) для першої стадії розвитку МП мінімізації витрат зводиться до наступного виразу:

$$\zeta \hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{A}} \rightarrow \min$$

$$\zeta \hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{A}} = \sum_{K=1}^k \hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}\hat{D}} + \tag{2}$$

$$+ \sum_{K=1}^k \sum_{P=1}^p \hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}\zeta} * \hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}\zeta}$$

де  $\hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}\zeta}$  - обсяг замовлення для задоволення

потреб у  $MP$  у точці попиту  $k$  в плановий період  $\Pi$  для порядкового замовлення  $Z$  у фізичних одиницях виміру;

$P$  - кількість позицій  $MP$  у замовленні.

Витрати на утримання  $MP$  залежать від  $OZ$  у відповідну точку попиту, а витрати  $V(T\Pi)^{KT}$  від способу доставки матеріалів. Їх обсяг розраховується, виходячи із загальної кількості успішних «замовлень-поставок» за період, що розглядається.

У отриманій залежності (2) не враховуються знижки, які надає постачальник логістичних послуг у випадках регулярного співробітництва або значних обсягів замовлень на перевезення  $MP$ , але всі ці випадки можливо передбачити на стадії контрактних домовленостей та відповідно внести до розрахунків апріорі або додати до отриманого виразу  $ZB(T\Pi)^B$  оскільки ці ситуації будуть виражені у відносному коефіцієнті із можливими значеннями від 0 до 1. У моделі приймаються рівновеликі розміри  $OZ^{KP}$  на часовому відрізку  $\Pi$ . Якщо необхідно доставити частину  $OZ^{KP}$ , яка відповідає неповній частині, залишок приєднується до одного з  $OZ^{KP}$ , залежно умов транспортування, зберігання тощо.

Таким чином, потрібно визначити кількість замовлень  $N(3)^{K\Pi}$  для точки попиту  $k$  в плановий

період  $\Pi$  (3), а не розраховувати інтенсивність споживання.

У виразі (2) використовується максимальне значення з множини кількості замовлень  $N(3)^{K\Pi}$ , тому що на практиці замовлення-поставки БП(О) належать до узагальнених номенклатурних випадків, що у свою чергу виключає наявність дефіциту у точці попиту (будівельному майданчику, проміжному складі, філії тощо) на етапі планування поставок:

$$N(\zeta)_{\hat{I}}^{\hat{E}} = \max \langle n(\zeta)_{\hat{I}}^{\hat{E}\hat{D}} \rangle, \hat{E} = (1; k), P = (1; p) \tag{3}$$

$$n(\zeta)_{\hat{I}}^{\hat{E}\hat{D}} = \frac{\hat{I}\tilde{N} \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}}{\hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}}, \hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}} = \sum \frac{N(\zeta)_{\hat{I}}^{\hat{E}\hat{D}}}{n(\zeta)}$$

де  $N(\zeta)_{\hat{I}}^{\hat{E}}$  - кількість замовлень у точку попиту  $k$  в період  $\Pi$ ;  $\hat{I}\tilde{N} \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}$  - обсяг споживання матеріальних ресурсів  $p$  у точці попиту  $k$  в період  $\Pi$ ;  $\hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}$  - обсяг замовлення матеріальних ресурсів  $p$  у точці попиту  $k$  в період  $\Pi$ .

Обмеженнями моделі лінійного програмування при розрахунку витрат у точці попиту  $k$  слугують нерівності системи (4):

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon \times \hat{A}(\hat{O}\hat{I})_{\hat{I}\zeta}^{\hat{E}\hat{D}} \leq \sum_{P=1}^p \left[ \hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}} \times \hat{A}(\hat{I}\hat{D})_{\hat{I}}^{\hat{D}} \right] \\ 0 < \min(\hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}) \leq \hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}} \\ \sum_{\hat{I}=1}^{\hat{I}} \hat{I}\tilde{N} \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}} \leq \sum_{P=1}^p \hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}} \\ \sum_{P=1}^p \theta^P \times \left[ \sum_{n(\zeta)} N(\zeta)_{\hat{I}}^{\hat{E}\hat{D}} - \hat{I}\tilde{N} \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}} \right] \leq \Theta^{\hat{E}} \\ \hat{E} = (1; \hat{e}), \hat{D} = (1; \hat{d}), \hat{I} = (1; \hat{i}), \hat{o}(\zeta) = (1; N(\zeta)) \end{array} \right. \tag{4}$$

де  $\hat{A}(\hat{I}\hat{D})_{\hat{I}}^{\hat{D}}$  - вартість одиниці матеріального ресурсу  $P$ ;  $\varepsilon$  - коефіцієнт корекції витрат на транспортування  $MP$  ( $\varepsilon > 1$ );  $\hat{A}(\hat{O}\hat{I})_{\hat{I}\zeta}^{\hat{E}\hat{D}}$  - витрати БП(О) на транспортування матеріальних ресурсів до  $K$ -ї точки попиту на замовлення  $Z$  в період  $\Pi$ ;  $\min(\hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}})$  - мінімальний обсяг партії замовлення матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$  в період  $\Pi$ ;  $\hat{I}\zeta \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}$  - обсяг партії замовлення матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$  в період  $\Pi$ ;  $\hat{I}\tilde{N} \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}$  - обсяг споживання матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$  в період  $\Pi$ ;  $\sum_{\hat{I}=1}^{\hat{I}} \hat{I}\tilde{N} \frac{\hat{E}\hat{D}}{\hat{I}}$  - обсяг споживання

матеріальних ресурсів  $P$  уточці попиту  $k$  за «п» кількість періодів;  $\theta^D$  - корисна площа, необхідна для зберігання одиниці матеріального ресурсу  $P$ ;  $\Theta^{\hat{E}}$  - доступна площа зберігання  $MP$  у точці попиту  $k$ .

Обмеження по рентабельності доставки у системі 4 використовуються для того, щоб модель, мінімізуючи витрати на зберігання запасів, не видавала занадто маленький обсяг продукції, який не буде окупати навіть витрати на транспортування.

Фіксована корисна площа  $\Theta^{\hat{E}}$  зберігання на складі продукції є обмеженням за обсягом поставки і величиною, що дозволяє оптимізувати витрати пов'язані з організацією складського господарства, обсягом і регулярністю поставок. Це необхідно для того, щоб модель не розраховувала розмір поставки  $p$ -й продукції в розмірі величини потреби за цілий розглянутий період  $k$ . В іншому випадку оптимальний період поставок продукції на склад буде єдиним.

Важливим обмеженням за обсягом поставок служить розмір мінімальної партії, яку можна доставити на склад. Це обумовлюється розміром одиниці спакованого та приготованого до транспортування матеріального ресурсу, в якому знаходиться упакована кількість матеріалів для перевезення. На етапі формування доставки в розподільному центрі не можна вилучити або змінити мінімальну кількість матеріалів в партії. Таким чином, накладні витрати на поставку однієї одиниці матеріалу мінімізуються до величини, яку можливо не враховувати при управлінні запасами відповідно до розроблюваної моделі.

Для того щоб розмір поставок забезпечував потребу в продукції у фіксованому періоді, необхідно встановити обмеження по мініальному сумарному обсягу поставок в аналізованому періоді, що дорівнює або більше загальної величини потреби (входить до останньої нерівності системи 4).

Реалізація  $\hat{I}\tilde{N}^{\hat{E}D}$  зі складу в період  $\Pi$  буде розраховуватися за формулою, так як в моделі приймається, що відхилення в щоденному споживанні незначні:

$$\hat{I}\tilde{N}^{\hat{E}D} = \frac{\partial(\zeta\hat{D})^{\hat{E}D}}{\hat{I}}, \quad (5)$$

$$\hat{E} = (1; \hat{e}), \hat{D} = (1; \hat{d}), \hat{I} = (1; \hat{i})$$

Для побудови цільової функції мінімізації витрат необхідно розглянути складові витрат зберігання на складі продукції окремо. Загальні витрати на зберігання продукції на складі складаються з двох видів витрат: витрати зберігання  $\hat{A}(\zeta\hat{I})^k$  і втрачена вигода  $\hat{A}(\hat{I}\hat{A})^k$ .

$$\sum_{D=1}^{\hat{d}} \hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}C} (\hat{I}\zeta\hat{I}^{\hat{E}D}) = \sum_{D=1}^{\hat{d}} \hat{A}(\hat{I}\hat{D})^{\hat{E}} (\hat{I}\zeta\hat{I}^{\hat{E}D}) + \sum_{D=1}^{\hat{d}} \hat{A}(\zeta\hat{I})^{\hat{E}} (\hat{I}\zeta\hat{I}^{\hat{E}D}), \quad (6)$$

$$\hat{E} = (1; \hat{e}), \hat{I} = (1; \hat{i})$$

Тоді функція оптимізації сумарних витрат на

зберігання для точці попиту  $k$  буде виглядати відповідно до формули (6):

$$\sum_{D=1}^{\hat{d}} \hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}C} (\hat{I}\zeta\hat{I}^{\hat{E}D}) = \sum_{\hat{I}=1}^{\hat{i}} \sum_{D=1}^{\hat{d}} (N(\zeta\hat{I})^{\hat{E}} * \hat{I}\zeta\hat{I}^{\hat{E}D} - \hat{I}\tilde{N}^{\hat{E}D}) * (\hat{a} * \hat{A}(\hat{I}\hat{D})_1^D + \hat{I}\hat{I}^{\hat{E}D}) \quad (7)$$

$$\hat{E} = (1; \hat{e})$$

де  $e$  - ставка приведення,  $e > 1$ ;  $\hat{I}\hat{I}^{\hat{E}D}$  - витрати на зберігання одиниці продукції з урахуванням займаної площі складу в  $\Pi$ -й період, грн.

Вартість продукції у функції (7) приведена, тобто враховується часова вартість грошей за розглянутий період рік. Витрати зберігання продукції визначаються за підсумками кожного періоду, формуючи суму річних витрат. У цій моделі управління запасами часовий період  $t$  приймається рівний місяць.

Вартість зберігання запасів на складі представництва залежить від площі, яка виділена під даний продукт. Такі нормативи переглядаються щорічно на основі річного плану продажів в грошовому та кількісному вимірах, особливих умов зберігання, оборотності, габаритів та ін. Сам склад має обмежені площі, тобто ємність складу обмежена.

Звідси витрати на зберігання одиниці продукції  $O\hat{I}^{\hat{E}P}$  в  $\Pi$ -й період визначається, як:

$$\hat{I}\hat{I}^{\hat{E}D} = \frac{\hat{A}\hat{A} * \hat{I} * \theta^{D*} N(\zeta)^{\hat{E}}}{\sum_{\hat{I}=1}^{\hat{i}} \hat{I}\tilde{N}^{\hat{E}D}}, \quad (8)$$

$$\hat{E} = (1; \hat{e}), \hat{D} = (1; \hat{d}), \hat{I} = (1; \hat{i})$$

де  $BA$  - вартість оренди 1 м<sup>2</sup> складу в місяць, грн.;  $\theta^D$  - корисна площа у точці попиту необхідна для зберігання матеріальних ресурсів  $P$ .

Витрати на доставку продукції  $\zeta\hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}}$  на практиці приймаються середнім значенням. Спосіб, за яким підприємства приймають це середнє значення  $\partial(\hat{A}(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}D})$ :

$$\partial(B(\hat{O}\hat{I})^{\hat{E}T}) = \frac{\sum_{\hat{I}=1}^{\hat{i}} (B(P) * \sum_{\hat{I}=1}^{\hat{i}} \hat{I}\tilde{N}^{\hat{E}D})}{N(\zeta) * g}, \quad \hat{D} = (1; \hat{d}) \quad (9)$$

Як теоретично, так і практично, така система обліку не може ефективно використовуватися на підприємстві і при моделюванні управлінських систем: з одного боку, він не має наукового обґрунтування, а з іншого, відрізняється істотними практичними недоліками планування. Тому сума витрат може змінюватися і в значній мірі відрізнятися від усередненого значення.

Визначимо список складових, від яких залежать витрати при організації доставки власними силами підприємства:

1. Відстань до точки попиту;
2. Час переміщення з точки постачання до точки попиту;
3. Постійні витрати на обслуговування транспорту;

4. Вартість палива;
5. Середня витрата палива;
6. Максимальна вага і габарити мр, що перевозиться.

Розрахунок реальних витрат на доставку продукції передбачає вивчення питання способу доставки. Існує кілька способів доставки матеріалу: власним транспортом і орендованим. Визначення постачальника послуг має бути результатом розрахунку моделі оптимізації витрат з доставки продукції до складу. І тут виникає проблема, яка повинна бути вирішена при розробці систем логістичного обслуговування - на яких умовах буде виконуватися кожна логістична послуга: чи буде вона виконуватися силами власного логістичного підрозділу (вже функціонуючого), силами третьої сторони або передбачається об'єднання цих варіантів в певному поєднанні. Для позначення умов логістичного обслуговування силами сторонніх підприємств використовуються терміни «логістичне обслуговування силами третьої сторони», «логістика третьої сторони». Вирішенням цієї проблеми є розробка моделі розрахунку ефективності використання різних способів доставки матеріалу. У роботі досліджено лише випадки роботи з автомобільним вантажним транспортом, найбільш популярним на підприємствах мережевої структури. Розробка моделі варіантами залізничних і авіаційних перевезень не проводилася, оскільки дані способи містять у собі принципово інші методи побудова ланцюга постачань на підприємстві і методики розрахунку показників.

Підприємства, що надають послуги з транспортування вантажів, мають кілька систем з розрахунку вартості доставки. Визначимо витрати на доставку матеріалу власним транспортом і послугами третьої сторони. Розглянуто дві пропозиції  $\hat{A}_1(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{ET}$ ,

$\hat{A}_2(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{ET}$  від постачальників логістичних послуг.

$$\begin{cases} \hat{A}(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{KT} = \frac{L(\dot{O}\ddot{I})^K}{100 * p * e + B(O)}; \\ \hat{A}_1(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{KT} = L(\dot{O}\ddot{I})^K * D; \\ \hat{A}_2(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{KT} = \times^{\hat{E}} * \hat{A}; \end{cases} \quad (10)$$

$$B(\dot{O}\ddot{I})_O^{KT} = \min\{\hat{A}(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{KT}, \hat{A}_1(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{KT}, \dots, \hat{A}_i(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{\hat{E}\hat{O}}\}$$

де  $B(\dot{O}\ddot{I})_O^{ET}$  - витрати на оформлення замовлення;  $B(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{ET}$  - витрати на оформлення замовлення власним транспортом матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$ , грн.;  $B_1(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{\hat{E}\hat{O}}$  - витрати на оформлення замовлення орендованим транспортом (умова - оплата за кілометраж) матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$ , грн.;  $B_2(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{\hat{E}\hat{O}}$  - витрати на оформлення замовлення орендованим транспортом (умова - погодинна оплата) матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$ , грн.;  $L(\dot{O}\ddot{I})^k$  - відстань від розподільного центру до точки попиту, км;  $p$  -

вартість палива, грн./л;  $m(B(\dot{I}))$  - середня витрата палива на 100км, л;  $B(O)$  - постійні витрати на обслуговування транспорту, грн.;  $D$  - вартість кілометра пробігу орендованого транспорту, грн./км;  $\times^k$  - час від розподільного центру до точки попиту, год.;  $\Gamma$  - вартість години орендованого транспорту, грн./год.

Вибір способу доставки продукції відбувається на основі мінімального значення показника витрат на оформлення та доставку замовлення по  $k$ -й точці попиту, визначеного з виразу (10). Залежно від типу постачальника логістичних послуг, витрати на доставку формуються, виходячи з внутрішньої системи розрахунків відповідного контрагента. Розглядаються випадки розрахунку вартості доставки постачальником на основі погодинної оренди та оплати за пройдений кілометраж.

Відповідно до формули (11) сумарні витрати на доставку матеріальних ресурсів у точку попиту  $k$  становлять:

$$\hat{A}(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{\hat{E}\hat{O}} = \sum_{\dot{I}=1}^n \sum_{\dot{I}(\zeta)}^{N(\zeta)} \hat{A}(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{\hat{E}\hat{O}} \quad (11)$$

де  $\sum_{\dot{I}(\zeta)}^{N(\zeta)} \hat{A}(\dot{O}\ddot{I})_{AC}^{\hat{E}\hat{O}}$  - сумарні витрати на

оформлення замовлення в аналізованому періоді  $\Pi$ , грн.

Після визначення обсягу партій поставок матеріальних ресурсів  $P$  у точці попиту  $k$ , необхідно розрахувати інтервал повторного замовлення ( $\dot{I}_k^i$ ) партії продукції в розглянутий період по точці попиту  $k$  згідно з формулою (12):

$$\dot{I}_k^i = \min_{k \leq p \leq P} \left\{ \frac{\hat{I}_C^{\hat{E}\hat{D}}}{\hat{I}_N^{\hat{E}\hat{D}}} \right\}, \quad (12)$$

$$\hat{E} = (1; \hat{e}), \hat{D} = (1; \hat{d}), \hat{I} = (1; \hat{i}), \hat{i}(\zeta) = (1; N(\zeta))$$

де  $\dot{I}_k^i$  - загальний інтервал поставок партії продукції у точку попиту  $k$  в аналізованому періоді  $\Pi$ .

**Висновки та рекомендації.** Наведена математична модель, як сучасний інструмент управління матеріальними запасами із узагальненими номенклатурними випадками оптимізує витрати підприємства на етапі переміщення та зберігання продукції від постачальників у необхідну точку попиту (будівельний майданчик, склад будівельної організації, філію тощо), враховує багатомітенклатурність поставки продукції із суттєво розширеною параметричною базою, в якій, зокрема, враховано доступну площу складування, корисну площу складування, обмеження щодо мінімального розміру і вартості доставленої продукції, витрати на зберігання, можливі обсяги замовлення, втрачену вигоду і т.д.

#### Список літератури

1. Антипенко Є.Ю. Оптимізація структури капіталу підприємств будівельної галузі в проектах інвестування ланцюгів поставок / Є.Ю. Антипенко // Управління розвитком складних систем. - 2014. - Вип. 20 - С. 9-14.

2. *Антипенко Є.Ю.* Практичний механізм визначення ефективності впровадження систем SCM на підприємствах будівельної галузі / *Є.Ю. Антипенко* // Будівельне виробництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. - К.: НДІБВ, 2013. - №55. - С. 22-28.
  3. *Антипенко Е.Ю.* Принципы анализа капитальных вложений: Монография / *Е.Ю. Антипенко, В.И. Доненко.* - Запорожье: Фазан; Дикое Поле, 2005. - 420 с.
  4. *Ван Хорн Дж.К.* Основы управления финансами : пер. с англ. / *Дж. К. Ван Хорн* [гл. ред. серии Я.В. Соколова]. - М. : Финансы и статистика, 2003. - С. 313-320.
  5. *Довба М. О.* Стратегії конкуренції ланцюгів поставок / *М. О. Довба, Н. І. Чухрай* // "Львівська політехніка" національний університет. Вісник...: збірник наук. праць. № 649. Логістика. - Львів, 2009. - С. 313-320.
  6. *Костюк О. С.* Стратегічне управління ланцюгом поставок : [інформаційні технології в логістиці] / *О. С. Костюк* // "Львівська політехніка" національний університет. Вісник...: збірник наук. праць. № 552. Логістика. - Львів, 2006. - С. 46-56.
  7. *Кристофер М.* Логистика и управление цепочками поставок / *М. Кристофер.* - СПб. : Питер, 2004. - 316 с.- (Теория и практика менеджмента)
  8. Оптимальне планування інвестиційних вкладень з урахуванням тимчасових обмежень / *Е.Ю.Антипенко., И.В.Доненко., В.О.Поколенко., Ю.А.Чуприна., Д.О.Приходько* // Управління розвитком складних систем. Збірник наукових праць. - Київ: КНУБА, 2010. - Вип.2. - С.6-11.
  9. *Тейлор Д.* Управление эффективностью цепочки поставок / *Д. Тейлор* // Дистрибуция и логистика. - 2013. - № 7. - С. 18-21.
  10. *Хэндфилд Р. Б.* Реорганизация цепей поставок. Создание интегрированных систем формирования ценности / *Р. Б. Хэндфилд, Э. Л. Николс.* - М. : Вильямс, 2003.
- Е.Ю. Антипенко* // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. - 2014. - Vyp. 20 - S. 9-14.
  2. *Antipenko E.Y.* Praktychnyi mekhanizm vyznachennia efektyvnosti vprovadzhennia system SCM na pidpriemstvakh budivelnoi haluzi / *E.Y. Antipenko* // Budivselne vyrobnytstvo: mizhvidomchyi naukovy-tekhnichnyi zbirnyk. - K.: NDIBV, 2013. - №55. - S. 22-28.
  3. *Antipenko E.Y.* Printsipy analiza kapitalnykh vlozheniy: Monografiya / *E.Y. Antipenko, V.I. Donenko.* - Zaporozhe: Fazan; Dikoe Pole, 2005. - 420 s.
  4. *Van Horn Dzh.K.* Osnovy upravleniya finansami : per. s angl. / *Dzh. K. Van Horn* [gl. red. serii Ya.V. Sokolova]. - M. : Finansy i statistika, 2003. - 800 s.
  5. *Dovba M. O.* Stratehii konkurentsii lantsiuhiv postavok / *M. O. Dovba, N. I. Chukhrai* // "Lvivska politekhnika" natsionalnyi universytet. Visnyk...: zbirnyk nauk. prats. № 649. Lohistyka. - Lviv, 2009. - S. 313-320.
  6. *Kostiuk O. S.* Stratehichne upravlinnia lantsiuhom postavok : [informatsiini tekhnolohii v lohistytsi] / *O. S. Kostiuk* // "Lvivska politekhnika" natsionalnyi universytet. Visnyk...: zbirnyk nauk. prats. № 552. Lohistyka. - Lviv, 2006. - S. 46-56.
  7. *Krystofer M.* Lohistyka y upravlenye tsepochkamy postavok / *M. Krystofer.* - SPb. : Pyter, 2004. - 316 s.- (Teoryia y praktyka menedzhmenta)
  8. Optymalne planuvannia investytsiinykh vkladn z urakhuvanniam tymchasovykh obmezhen / *E.Y. Antipenko , V.I. Donenko., V.O.Pokolenko., Yu.A.Chupryna., D.O.Prykhodko* // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. Zbirnyk naukovykh prats. - Kyiv: KNUBA, 2010. - Vyp.2. - S.6-11.
  9. *Taylor D.* Upravlenie effektivnostyu tsepochki postavok / *D. Teylor* // Distributsiya i logistika. - 2013. - # 7. - S. 18-21.
  10. *Hendfild R. B.* Reorganizatsiya tsepoy postavok. Sozdanie integrirovannykh sistem formirovaniya tsennosti / *R. B. Hendfild, E. L. Nikols.* - M. : Vilyams, 2003.

## Bibliography (transliterated)

1. *Antipenko E.Y.* Optymizatsiia struktury kapitalu pidpriemstv budivelnoi haluzi v proektakh investuvannia lantsiuhiv postavok /

Надійшла (received) 21.05.2018

## Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Ткаченко Алла Михайлівна (А.М.Ткаченко, А.М.Tkachenko)**– доктор економічних наук, професор, Запорізький національний технічний університет, завідувач кафедри підприємництва, торгівлі та біржової діяльності; тел.: (067) 612-85-84; e-mail: kafedra\_eov@zntu.edu.ua

**Антипенко Євген Юрійович (Е.Ю.Антипенко, Е.Ю.Antipenko)**– доктор технічних наук, професор, Запорізький національний технічний університет, декан факультету будівництва, архітектури та дизайну; тел.: (067) 890-73-63; e-mail: dekanat\_bad@zntu.edu.ua