

**Обґрунтування ефективного варіанту технологічних
та комерційних умов доставки зовнішньоторговельних вантажів**

О.Г. Шибасєв

д.т.н., професор, зав.кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»
aleksshibaev54@gmail.com

С.П. Онищенко

д.е.н., професор, професор кафедри «Експлуатація флоту
і технологія морських перевезень»
onyshchenko@gmail.com

Ю.О. Коскіна

к.т.н., доцент, доцент кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»
yuliia.koskina@ukr.net

Одеський національний морський університет

Анотація. Стаття присвячена моделюванню вибору оптимального варіанту доставки зовнішньоторговельних вантажів з урахуванням цін на товари, виробничих потужностей та технологічних особливостей роботи елементів транспортної системи. Розроблена модель забезпечує мінімальні загальні витрати на транспортування товару з пункту виробництва до пункту призначення (на умовах поставки, згідно до яких транспортні витрати сплачуються продавцем – деталізована структура витрат у моделі дозволяє використовувати її для різних умов розподілу транспортних витрат). У моделі враховано провізні спроможності різних видів транспорту, які можуть залучатися до транспортування, та потужності портів, які покладено пунктами перевалки. Модель також дозволяє оцінювати транспортні витрати порівняно із умовами поставки товару за торговельних контрактом, оскільки враховує поточні ціни на товар у пунктах відправлення та призначення.

Ключові слова: доставка зовнішньоторговельних товарів, базисні умови поставки, вартість транспортування, ціни на товар.

**Обоснование эффективного варианта технологических
и коммерческих условий доставки внешнеторговых грузов**

А.Г. Шибасєв

д.т.н., професор, зав.кафедрой «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»
aleksshibaev54@gmail.com

С.П. Онищенко

д.е.н., професор, професор кафедри «Експлуатація флоту
і технологія морських перевезень»
onyshchenko@gmail.com

Ю.А. Коскіна

к.т.н., доцент, доцент кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»
yuliia.koskina@ukr.net

Одесский национальный морской университет

Аннотация. *Статья посвящена моделированию выбора оптимального варианта доставки внешнеторговых грузов с учётом цен на товары, производственных мощностей и технологических особенностей работы элементов транспортной системы. Разработанная модель обеспечивает минимальные общие расходы на транспортировку товара из пункта производства в пункт назначения (на условиях поставки, согласно которым транспортные расходы оплачиваются продавцом – детализированная структура расходов в модели позволяет использовать ее для различных условий распределения транспортных расходов). В модели учтены провозные способности различных видов транспорта, которые могут привлекаться к транспортировке, и мощности портов, которые рассматриваются как пункты перевалки. Модель также позволяет оценивать транспортные расходы относительно условий поставки товара по торговому контракту, т.к. учитывает текущие цены на товар в пунктах отправления и назначения.*

Ключевые слова: *доставка внешнеторговых товаров, базисные условия поставки, стоимость транспортировки, цены на товар.*

UDC 656.615.073.29:[339.5:656.002.2]

**Rationale of effective option for technological
and commercial terms of delivery of international trade cargoes**

A.G. Shibaev

Ph.D., Professor, head of the department «Fleet Operation and maritime transport technologies»
aleksshibaev54@gmail.com

S.P. Onishchenko

Ph.D., Professor, Professor of the Department «Fleet Operation
and maritime transport technologies»
onyshchenko@gmail.com

Yu.A. Koskina

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department «Fleet Operation and maritime transport technologies»
yuliia.koskina@ukr.net

Odessa National Maritime University

Abstract. *The paper is dedicated to a modeling choice of foreign trade goods' of optimal delivery, considering the cost parameters, production capabilities and technological features of the individual units of the transport system. The developed model provides the minimum total costs for carriage of goods from the point of origin to the point of destination (i.e. the case of the term provides for full payment of the transportation costs by the seller – the detailed structured costs in the model lets easily to use it for different terms of transportation costs payment). The model includes the carrying capabilities of different modes of transport that can be used for transportation and capacity of port facilities. The model also provides the choice of the developing of shipping system according to the terms of trade contract as far as it includes the current prices for the goods in point of destination and point of origin.*

Keywords: *delivery of foreign trade goods, terms of delivery, cost of delivery, prices for goods.*

Вступ. Транспортування вантажів є невід'ємним елементом торговельних операцій, адже неможливо реалізувати торговельну угоду, не доставивши товар від покупця до отримувача. Фактично ланцюг доставки є доволі складним і починається з місця виробництва/зберігання товару у виробника та закінчується безпосереднім його розташуванням на складах/терміналах отримувача. Звичайно, доставка товару є самостійною угодою та оформлюється окремими договорами, наразі вона у певному розумінні продовжує процес виробництва товару, додаючи до його вартості вартість доставки – так звану «транспортну складову». Її розмір визначається транспортними умовами поставки товарів, відповідно до яких між сторонами торговельного контракту розподіляються відповідальність за організацію, ризики при реалізації та витрати з виконання перевезення до певного пункту. Оскільки величина «транспортної складової» безпосередньо пов'язана із умовами договорів купівлі-продажу, проблема ефективного планування і організації перевезень експортно-імпортних вантажів, на наш погляд, не може розглядатися без урахування факторів зовнішньоторговельного характеру.

Наразі доставка вантажів від виробників до споживачів багато у чому визначається координацією окремих виробничних процесів та операцій – власне перевезення, перевалка з одного виду транспорту на інший, зберігання на складах тощо. Необхідність та/або можливість використання та залучення до процесу транспортування різних видів транспорту та пунктів перевалки вимагає усебічного та ретельного урахування особливостей функціонування ланцюгу транспортування, який будується, та вартості окремих його складових. Дійсно, один і той самий товар на певних ділянках або на усьому шляху переміщення може перевозитися різними видами транспорту; так само передача його з одного виду транспорту на інший може здійснюватися у різних пунктах перевалки.

Аналіз основних досягнень і літератури. Проблема раціональності організації перевезень постійно приваблює увагу фахівців транспортної галузі. Незважаючи на певні відмінності у формулюваннях, дослідження є доволі схожими та полягають у обґрунтуванні варіантів здійснення перевезення вантажів[1-5]. Однак у запропонованих моделях не знайшли відображення ресурси та особливості функціонування транспорту, який здійснює перевезення з начального пункту до портів перевалки, а звідти – до пунктів призначення, до споживачів. Хоча саме наявність видів транспорту та їх ресурси власне і визначають можливість та вартість таких перевезень.

Цікавою вбачається постановка задачі оптимізації обсягів закупівель, кінцевих цін та маршрутів доставки, яку у [6] поставлено та вирішено для вантажовласника. Цілком справедливо автор розглядає ряд величин не зафіксованими постійними, а у вигляді залежностей. Зокрема,

обґрунтованим виглядає використання залежності величини транспортних витрат від кількості вантажу. Запропонована автором модель розподілу вантажопотоків між постачальниками та споживачами у цілому характеризує питання маркетингового планування та поставок товарів.

Задача ефективної організації та оптимізації перевезень вантажів залишається актуальною, набуваючи особливого значення в умовах ринкових відносин. Велика увага надається вирішенню цієї задачі з урахуванням можливостей транспортної системи [7-9]. Наразі у згаданих роботах автори не обговорюють доцільність вибору варіанту здійснення транспортування з вихідного пункта до кінцевого. Купуючи товар та сплачуючи його доставку до певного пункту призначення, вантажовласник має урахувувати поточні ціни на нього, оскільки величина різниці між доходами від його реалізації та витратами на придбання та перевезення товару багато у чому визначає прибуток від угоди купівлі-продажу.

Таким чином, вбачається, що згадані вище роботи, які описують із більшим або меншим ступенем деталізації технологічні особливості транспортування товарів, дозволяють обрати можливий та найневитратніший варіант доставки. Наразі невирішеною частиною проблеми залишається питання: чи є взагалі доцільним здійснення транспортування? Адже у згаданих роботах обирається найменший за витратами та технологічно можливий варіант доставки, виходячи з посилу, що транспортування необхідно здійснювати. На наш погляд, при перевезенні зовнішньоторговельних вантажів, доцільним було б розглядати проблему планування перевезень не лише з урахуванням виробничих можливостей та потужностей транспортної інфраструктури, але і цінових показників товару, який має бути перевезеним.

Метою статті є формалізація задачі оцінки доцільності та вибору оптимального варіанту доставки зовнішньоторговельних вантажів з урахуванням вартісних показників, виробничих потужностей та технологічних особливостей функціонування окремих елементів транспортної системи.

Матеріали і результати досліджень. Загалом задача формулюється таким чином. Існує можливість укладання угоди купівлі-продажу на базисі поставки, який передбачає повну сплату витрат на доставку товару продавцем (покладена умовність щодо повної сплати витрат на транспортування, як буде показано далі, не має принципового значення – її обумовлено для більш наочного викладення матеріалу та результатів дослідження). Необхідно визначити оптимальний варіант перевезення зовнішньоторговельних вантажів $g = \overline{1, G}$ з портів відправлення $i = \overline{1, m}$ до пунктів призначення $j = \overline{1, n}$ через порти перевалки $k = \overline{1, K}$ (під оптимальним автори мають на увазі варіант доставки, який є можливим за виробничо-технологічними факторами та мінімальний за вартістю). Для виконання перевезення можуть залучатися судна S типів, $s = \overline{1, S}$, та

суміжні види транспорту $\varphi = 1, 2, 3$. При цьому необхідно також врахувати доцільність прийняття однією із сторін обов'язків та витрат на доставку товару, виходячи з базису його поставки відповідно до умов зовнішньоторговельного контракту.

Для формалізації поставленої задачі пропонується наступна математична модель:

$$\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K \sum_{s=1}^S (r_{gi} + r_{giks} + r_{gk}) \cdot x_{giks} + \sum_{g=1}^G \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^n \sum_{\varphi=1}^3 (r_{gj} + r_{gkj\varphi}) \cdot x_{gkj\varphi} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K \alpha_{sg} \cdot z_{si} \cdot z_{sk} \cdot y_{kg} \cdot x_{giks} = Q_{gi}, \quad (2)$$

$$(i = 1, 2, \dots, m; g = 1, 2, \dots, G)$$

$$\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K \alpha_{sg} \cdot z_{si} \cdot z_{sk} \cdot \Pi_{giks} \cdot x_{giks} \leq P_s, \quad (3)$$

$$(s = 1, 2, \dots, S)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^S z_{sk} \cdot y_{kg} \cdot x_{giks} \leq P_{kg} + \Pi_{kg}, \quad (4)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; k = 1, 2, \dots, K)$$

$$\sum_{g=1}^G \sum_{j=1}^n \sigma_{g\varphi} \cdot \lambda_{\varphi kj} \cdot x_{gkj\varphi} \leq \Pi_{k\varphi}, \quad (5)$$

$$(k = 1, 2, \dots, K; \varphi = 1, 2, 3)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^S x_{giks} = \sum_{j=1}^n \sum_{\varphi=1}^3 x_{gkj\varphi}, \quad (6)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; k = 1, 2, \dots, K)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{\varphi=1}^3 \sigma_{g\varphi} \cdot \lambda_{\varphi kj} \cdot x_{gkj\varphi} = Q_{gi}, \quad (7)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; j = 1, 2, \dots, n)$$

$$x_{giks} \geq 0, \quad (8)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, K; s = 1, 2, \dots, S)$$

$$x_{gkj\varphi} \geq 0, \quad (9)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K; \varphi = 1, 2, 3),$$

де x_{giks} – кількість вантажу g , який перевозиться з порту відправлення i в порт перевалки k суднами типу S ;

$x_{gkj\varphi}$ – кількість вантажу g , який перевозиться з порту перевалки k в пункт призначення j суміжним видом транспорту φ (при цьому $\varphi = 1$ за перевезень залізницею, $\varphi = 2$ за залучення до виконання перевезень автомобільного транспорту, $\varphi = 3$ за виконання перевезень річковими суднами);

r_{gi} – питомі витрати, пов'язані із знаходженням вантажу роду g в порту відправлення i та його підготовкою до подальшого відправлення, включаючи, за необхідності, сплату витрат на завантаження вантажу на судно;

r_{giks} – питомі витрати, пов'язані із перевезенням вантажу роду g суднами типу S із порту відправлення i у порт перевалки k ;

r_{gk} – питомі витрати, пов'язані із прибуттям та знаходженням вантажу роду g у порту перевалки k та подальшим його відправленням (зокрема, включають вартість розвантаження, за необхідності – зберігання, можливі додаткові послуги, які надаються портом тощо);

$r_{gkj\varphi}$ – питомі витрати на перевезення вантажу роду g з порту перевалки k до пункту призначення j суміжним видом транспорту φ ;

r_{gj} – питомі витрати, пов'язані із прибуттям вантажу роду g до пункту призначення j (наприклад, витрати на сплату розвантаження та перерахунку вантажу);

$\alpha_{sg}, z_{si}, z_{sk}, y_{kg}$ – параметри, які визначають можливість здійснення перевезення вантажів з портів відправлення до портів перевалки:

$$\alpha_{sg} = \begin{cases} 1, \text{ якщо судно типу } S \text{ може перевозити вантаж роду } g \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \end{cases}$$

$$z_{si} = \begin{cases} 1, \text{ якщо судно типу } S \text{ може бути обробленим у порту} \\ \text{відправлення } i \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \end{cases}$$

$$z_{sk} = \begin{cases} 1, \text{ якщо судно типу } S \text{ може бути обробленим у порту} \\ \text{перевалки } k \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \end{cases}$$

$$y_{kg} = \begin{cases} 1, \text{ якщо порту перевалки } k \text{ можливою є обробка вантажу} \\ \text{роду } g \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \end{cases}$$

Q_{gi} – маса вантажу роду g у порту відправлення i ;

P_s – провізна спроможність суден типу S ;

Π_{giks} – провізна спроможність суден типу S , яка перепадає на 1 тону вантажу роду g , який перевозиться з порту відправлення i у порт перевалки k . Величина питомої провізної спроможності залежить не лише від самого судна, але і від тих умов, у яких судно працює (род та кількість вантажу, відстань перевезення, норми обробки суден у портах);

P_{kg} – виробничі потужності проміжного порта перевалки k з обробки вантажу роду g за прямим варіантом; визначаються сумарною потужністю технологічних ліній: наприклад, за однакової їх потужності – як добуток кількості технологічних ліній з перевалки вантажу роду g за прямим варіантом на потужність технологічної лінії $P_{kg}^{TЛ}$:

$$P_{kg} = n_{kg} \cdot P_{kg}^{TЛ} ,$$

Π_{kg} – виробничі потужності порта перевалки k із зберігання вантажу роду g ; визначаються місткістю складських приміщень та територій W_{kg} :

$$\Pi_{kg} = \beta_{kg} \cdot W_{kg} ,$$

β_{kg} – параметр, який визначає можливість (або необхідність) зберігання вантажу роду g у порту:

$$\beta_{kg} = \begin{cases} 1, \text{ якщо у порту перевалки } k \text{ можливим є складський} \\ \text{варіант для вантажу роду } g \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \\ \sigma_{g\varphi} - \text{ параметр, який визначає технологічну можливість} \end{cases}$$

перевезення вантажу роду g суміжним видом транспорту φ :

$$\sigma_{g\varphi} = \begin{cases} 1, \text{ якщо можливим є здійснення перевезення вантажу рода} \\ g \text{ суміжним видом транспорту } \varphi \\ 0, \text{ у протилежному випадку} \\ P_{k\varphi} - \text{ виробничі потужності суміжних видів транспорту} \\ \varphi, \text{ які є у порту перевалки } k : \end{cases}$$

$$P_{k\varphi} = \sum_{j=1}^n \lambda_{\varphi kj} \cdot P_{\varphi kj}$$

де $\lambda_{\varphi kj}$ – параметр, який визначає наявність у порту перевалки суміжних видів транспорту:

$$\lambda_{\varphi kj} = \begin{cases} 1, \text{ якщо суміжним вид транспорту } \varphi \text{ працює у напрямку} \\ \text{порт перевалки } k - \text{ пункт призначення } j \\ 0, \text{ в протилежному випадку} \\ P_{\varphi kj} - \text{ потужності суміжних видів транспорту } \varphi \text{ на напря-} \\ \text{мках роботи з порту перевалки } k \text{ до пункту призначення } j ; \end{cases}$$

Q_{gj} – маса вантажу роду g , який необхідно доставити до пункту призначення j .

Вираз (1) є цільовою функцією, яка забезпечує мінімальні сумарні витрати, пов'язані із доставкою вантажів з пунктів відправлення до пунктів призначення.

Обмеження (2) відображає вимогу вивозу усіх вантажів морським транспортом з порту відправлення до порту перевалки.

Нерівність (3) характеризує можливість тоннажа з виконання перевезень з порту відправлення у проміжний порт перевалки.

Обмеження (4) враховує технологічні потужності порту перевалки з обробки вантажів.

Співвідношення (5) враховує виробничі потужності суміжних видів транспорту з освоєння перевезень вантажів з портів перевалки до пунктів призначення.

Рівність (6) є умовою балансу вантажопотоку: вантаж, який доставлено морським транспортом з порту відправлення до порту перевалки, має бути вивезеним з нього суміжними видами транспорту до пункту призначення.

Обмеження (7) виражає вимогу завоза усіх вантажів суміжними видами транспорту до пунктів призначення з портів перевалки.

Обмеження (8) та (9) є умовами невід'ємності змінних.

Необхідними умовами наявності розв'язку задачі (1)-(9) є такі співвідношення:

$$\sum_{i=1}^m Q_{gi} = \sum_{j=1}^n Q_{gj} \leq \sum_{k=1}^K (P_{kg} + \Pi_{kg}), \quad (10)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G),$$

$$\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^m Q_{gi} \leq \sum_{s=1}^S P_s, \quad (11)$$

$$\sum_{g=1}^G \sum_{j=1}^n Q_{gj} \leq \sum_{k=1}^K \sum_{\varphi=1}^3 \Pi_{k\varphi}. \quad (12)$$

Доцільність укладання угоди купівлі-продажу товару на базисі поставки, який враховує повну сплату доставки товару продавцем, оцінюється співвідношенням (13):

$$r_{gisk\varphi j} \leq \Delta C_{gij}, \quad (13)$$

$$(g = 1, 2, \dots, G; i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, K; s = 1, 2, \dots, S; \\ \varphi = 1, 2, 3; j = 1, 2, \dots, n)$$

де $r_{gisk\varphi j}$ – питомі витрати, пов'язані з доставкою вантажу роду g з порту відправлення i судном типу s в проміжним порт перевалки k з подальшим перевезенням цього вантажу суміжним видом транспорту φ до пункту призначення j ;

ΔC_{gij} – різниці поточних цін на вантаж роду g , які склалися у порту відправлення i і пункті призначення j . Слід наголосити, що ці ціни, які склалися під впливом факторів кон'юнктурного характеру, не є предметом вивчення у цьому дослідженні. Вбачається, що природа їх формування є самостійною науковою проблемою, яка виходить за рамки цієї роботи, де рівень цін на ринках покладається акторами як такий, що вже склався та існує. Тут власне йдеться про необхідність їх урахування як при виборі

одного з можливих варіантів доставки товару, так і взагалі при ухваленні рішення щодо закупівлі-продажу товару на певному базисі поставки.

При невиконанні нерівності (13) (незважаючи на отримання мінімального значення виразу (1)), слід, вочевидь, ставити під сумнів ефективність угоди взагалі, оскільки існуюча на ринку споживання ціна не забезпечить навіть покриття витрат на закупку та перевезення, не кажучи вже про отримання прибутку. За такої ситуації укладання угоди може бути доцільним лише за умови, що сторона, яка сплачує витрати на доставку, має реальні можливості зменшити витрати на перевезення. Для морської ділянки транспортної системи, яка розглядається, це може виражатися, наприклад, у торгуванні якомога низької ставки фрахту.

Різниця згаданих вище цін, яка перевищує витрати на доставку, дозволяє оцінити можливий прибуток від зовнішньоторговельної угоди. При цьому обраний у результаті вирішення задачі (1)-(9) оптимальний з можливих варіантів доставки забезпечить отримання максимального прибутку за поточного рівня цін на товар у пункті призначення сторони, яка сплачує транспортування.

Слід зазначити, що, фіксуючи місце та час переходу права власності на товар, базиси поставки можуть передбачати сплату доставки однією із сторін, що уклали угоду, до певного пункту, а подальше транспортування відносити на кошт іншої сторони. Саме цим і пояснюється детальне структурування витрат у (1). При цьому кожна із сторін, залежно від необхідності нести витрати з доставки повністю або лише у певній частині, може включати або виключати їх з загальної суми витрат, що дозволяє використовувати запропоновану модель (1)-(9) як покупцем, так і продавцем як суб'єктами зовнішньоторговельної угоди. Враховуючи викладене, співвідношення (13) у загальному випадку набуде такого вигляду:

$$r_g \leq \Delta C_g, \quad (14)$$

(g = 1, 2, \dots, G)

де r_g – питомі витрати, пов'язані із доставкою вантажу роду g ; при цьому структура та величина цих витрат залежить від транспортних умов торговельних контрактів, які визначають обсяг зобов'язань, ризиків та витрат, пов'язаних із транспортуванням товару, які покладаються на того чи іншого суб'єкта зовнішньоторговельної угоди;

ΔC_g – різниця поточних цін на вантаж роду g , які склалися у пункті відправлення та у пункті, де зобов'язання з доставки, покладені на одну із сторін угоди, припиняються.

Як **висновок** зазначимо, що подана постановка математичної моделі дозволяє вантажовласникам (зацікавленим, насамперед, у вартісній оцінці можливих варіантів доставки товарів) не лише вирішувати задачу вибору найбільш раціонального варіанту здійснення перевезення з точки зору технологічних можливостей і вартісних показників, але й

дозволяє вирішувати питання зовнішньоторговельного характеру: порівняння витрат на транспортування з поточними цінами на товар у пунктах відправлення і призначення дає можливість оцінювати ефективність угод купівлі-продажу, що фактично означає ухвалення комерційно обґрунтованого рішення щодо купівлі-продажу товару на тих чи інших базисах поставки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Яценко А.В. *Экономико-математическая модель мульти-модальной системы со встречными грузопотоками* / А.В. Яценко // *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. пр.* – 1999. – № 4. – С. 204-209.
2. Боделан И.В. *Модели оптимального распределения грузопотоков в транспортных системах* / И.В. Боделан // *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. пр.* – 2002. – № 3. – С. 223-232.
3. Andreasson N. *An Introduction to Optimization: Foundations and Fundamental Algorithms* / N. Andreasson, A. Evgrafov, M. Patriksson. – Studentlitteratur AB, 2007. – 400 p.
4. Kirca. *A heuristic for obtaining an initial solution for the transportation problem* / Kirca and Stair // *Journal of Operational Research Society.* – 1990. – № 41(9). – P. 865-867.
5. Kumar Tapojit. *Comparison of Optimization Techniques in large scale Transportations* / Tapojit Kumar // *Journal of Undergraduate Research at Minnesota State University.* – 2004. – № 1. – Art. 10.
6. Холоденко А.М. *Оптимізація схем вантажопотоків у ринкових умовах* / А.М. Холоденко // *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: Зб. наук. пр.* – 2000. – Вип. 7. – С. 50-55.
7. Benders I.F. *Partitioning procedure for solving mixed variables programming problem* / Benders I.F. // *Numerische Mathematic.* – 1962. – Vol. 4. – Issue 1. – P. 238-252.
8. Magnanti T.L., Wong R.T. *Network Design and Transportation Planning: Models and Algorithms* / T.L. Magnanti // *Transportation Science.* – 1984. – V.18 – P. 3-55.
9. Winston W. L. *Operations Research: Applications and Algorithms. 4th edition* / W. L. Winston. – Cengage Learning, 1994. – 1440 P.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2018 р.