

**ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК И ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО СОЧЕТАНИЯ****В. Г. Загорянский, Т. В. Гайкова, В. Л. Хорольский, И. О. Кузев**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: zagor_vlad@ukr.net

Рассмотрены предпосылки формирования и функционирования экономически эффективных контейнерных грузовых перевозок в Украине с использованием автомобильного транспорта. Технические средства контейнерной транспортной системы выделены в шесть основных видов (элементов), которые образуют единый технический комплекс. Применен системный подход для выбора рационального типажа и параметров основных технических средств контейнерной транспортной системы и их сочетаний (структуры парков). Этот подход сопровождается комплексными технико-экономическими расчетами. Критерием эффективности варианта выбора выступает значение совокупных приведенных затрат при их минимизации. Выделена также система ограничений модели, учитывающая условия процесса контейнерных перевозок. Для иллюстрации применения предложенного подхода рассмотрен случай несоответствия типажа и структуры парка контейнеров заказным партиями поставки по массе или объему и предложена методика корректировки полезной нагрузки контейнеров. Перспективной представляется разработка по данной модели алгоритма и программы для оптимизации комплекса технических средств контейнерной транспортной системы.

Ключевые слова: контейнер, перевозки, груз, комплекс, техническое средство, модель, оптимизация, затраты.

**ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ЇХ РАЦІОНАЛЬНОГО ПОЄДНАННЯ****В. Г. Загоряньський, Т. В. Гайкова, В. Л. Хорольський, І. О. Кузев**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: zagor_vlad@ukr.net

Розроблено методику використання математичної моделі, що передбачає процедури оптимізації, за допомогою якої можуть бути визначені ефективні типи технічних засобів і їх кількість і структура парку, необхідних для здійснення контейнерних перевезень, в тому числі контейнерів, для коригування корисного навантаження контейнерів. Для вибору раціонального типажу і параметрів основних технічних засобів контейнерної транспортної системи та їх поєднань (структури парків) застосований системний підхід, який супроводжується комплексними техніко-економічними розрахунками. Розглянуто передумови формування та функціонування економічно ефективних контейнерних вантажних перевезень в Україні з використанням автомобільного транспорту. Технічні засоби контейнерної транспортної системи виділені в шість основних видів (елементів), які утворюють єдиний технічний комплекс. При конкретних розрахунках визначення раціонального типажу і параметрів контейнерів, а також структури їх парку для доставки вантажу (вантажів) слід враховувати, чи відповідає типаж і структура парку контейнерів що приймається величинам потрібних (замовних) партій доставки продукції і внести відповідні поправки значень корисного навантаження контейнера. Для вирішення даної задачі застосована економіко-математична модель технічного комплексу контейнерних перевезень. Для процесу контейнерних перевезень виділена система обмежень математичної моделі, що враховує умови цього процесу. Критерієм ефективності варіанту вибору (цільовою функцією математичної моделі) виступає значення сукупних приведених витрат при їх мінімізації. Виділено чинники, що визначають питомі приведені витрати при перевезенні вантажів з заданими характеристиками в контейнерах з різними параметрами. Для ілюстрації застосування запропонованого підходу розглянуто випадок невідповідності типажу і структури парку контейнерів рекомендованим партіям поставки за масою або об'ємом і запропонована методика коригування корисного навантаження контейнерів. Розробка по даній моделі алгоритму і програми для оптимізації комплексу технічних засобів контейнерної транспортної системи представляється перспективною.

Ключові слова: контейнер, перевезення, вантаж, комплекс, технічний засіб, модель, оптимізація, витрати.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Наибольшими потребителями украинского зерна и зернобобовых, доставляемых контейнерами в морские порты Украины, являются страны Южной и Юго-Восточной Азии, причем на Вьетнам и Индию приходится свыше 60% объема поставок [1]. Кроме злаковых зерновых грузов (пшеница, просо), в контейнеры затаривают бобовые (горох и др.) и масличные (рапс и др.). Свыше 4/5 всех зерновых грузов украинского экспорта, доставляемых контейнерами, составляет пшеница, чуть более 10% составляет рапс, просо – более 1%, остальные культуры – до 1%. Размер партий отгрузки зерновых грузов на экспорт составляет

в среднем 10–15 тысяч тонн, что обуславливает все большее использование перевозки этих грузов контейнерами.

В Украине на перевозках зерновых грузов контейнерами специализируется компания Elit Black Sea (Одесса). Такими перевозками занимаются также такие крупнейшие мировые контейнерные линии (перевозчики), как MSC (Mediterranean Shipping Company), A.P. Moller–Maersk Group, CMA CGM, Zim Integrated Shipping Services, а также CSAV Norasia. Быстрое увеличение объема контейнерных перевозок в Украине началось с 2000 года [2]. По территории Украины перевозки грузов контейнера-

ми осуществляются автомобильным и железнодорожным транспортом.

Железнодорожные перевозки контейнеров примерно в три раза быстрее и дешевле автомобильных, автомобильные перевозки зависят от многих факторов – погоды, пробок и водителей, на автомобильных дорогах функционирует весовой контроль. Несмотря на все это, железнодорожные перевозки контейнеров пока развиты слабо, подавляющее количество контейнеров перевозят автотранспортом. Кроме того, и для перевозки «от двери до двери» автомобильный транспорт является главным и единственным средством [3, 4].

Все разнообразие технических средств контейнерной транспортной системы объединяют в образующие технический комплекс шесть основных видов (элементов) [5]: 1) парк контейнеров (универсальных и специализированных), 2) погрузочно-разгрузочное оборудование (средства механизации перегрузки самих контейнеров и загрузочно-разгрузочные устройства для работ внутри контейнеров), 3) технические средства транспорта (автомобили и автопоезда в составе седельных тягачей и полуприцепов-контейнеровозов, железнодорожный подвижной состав и др.), 4) контейнерные терминалы, пункты и базы (склады, подъездные пути и др.), 5) средства управления, информации и дальней связи, 6) средства упаковки и пакетирования грузов для отправки их в контейнерах.

Два элемента технического комплекса – контейнеры и средства механизации для загрузки и разгрузки тесно связаны со способом подготовки груза к перевозке. Поэтому важен вид упаковки, тип пакета и т. д. Средства упаковки грузов (например, укрупненной и облегченной), средства пакетирования, предназначенные для отправки грузов в контейнерах, являются шестым видом (элементом) технического комплекса контейнерной транспортной системы.

В зависимости от содержания и изменения технических характеристик видов (элементов), составляющих комплекс технических средств контейнерных перевозок, меняется технология и эффективность этих перевозок. Поэтому для достижения одной и той же цели – доставки заданного количества груза определенного характера при необходимом темпе перевозки – возможно применение нескольких вариантов комплекса, отличающихся друг от друга составом элементов и характеризующимися их параметрами.

Функционирование каждого варианта технического комплекса связано с определенными затратами. Вариант технического комплекса, дающий минимум затрат (в денежном и натуральном выражении), будет оптимальным.

Важнейшим элементом комплекса технических средств перевозок контейнеров являются сами контейнеры. Они должны обеспечивать требования грузоотправителей и грузополучателей: соответствовать условиям перевозки данных грузов, их физическим и транспортным характеристикам, размерам партионности отправок грузов (по объему и весу) и др. [6, 7]. С другой стороны, контейнеры, являясь

транспортным оборудованием, должны быть приспособлены для сквозного движения на всех видах транспорта, их быстрой и безопасной перегрузки [8].

В случае, когда типаж и структура парка контейнеров не соответствуют заказным партиям поставки груза по массе или объему, то возникают потери и эффективность контейнерных перевозок снижается.

Если грузоподъемность и/или объем контейнера больше (тем более, значительно), чем потребная партия доставки груза, то полезная нагрузка контейнера будет ниже номинального значения для данного груза, что приведет к росту транспортных издержек. При обратном варианте могут возникнуть неоправданные издержки из-за увеличения запасов на складах получателя продукции.

Поэтому при конкретных расчетах по определению рационального типажа и параметров контейнеров, а также структуры их парка для доставки груза (грузов) следует учитывать, соответствует ли принимаемый типаж и структура парка контейнеров величинам потребных (заказных) партий доставки продукции и вносить соответствующую корректировку значений полезной нагрузки контейнера.

Определим, применима ли известная экономико-математическая модель технического комплекса контейнерных перевозок [5, 10] для решения данной задачи.

Целью работы является разработка методики использования математической модели, описывающей оптимизационную задачу по определению рационального парка и параметров контейнеров и структуры их парка, для корректировки полезной нагрузки контейнеров.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Предполагается, что известно количество груза Q , т, которое предполагается перевезти в контейнерах за определенный период времени, объемная масса (плотность) груза γ , т/м³, и дальность перевозки L , км (определяется на основе статистики перевозок за прошлые периоды и перспектив на данный период времени).

Предполагается также, что для контейнерных перевозок используется набор m технических средств с соответствующими параметрами, образующих технический комплекс из описанных выше видов (элементов), причем возможно использование различных машин и оборудования, имеющих разные параметры, для обслуживания одного типа контейнера. Тогда под индексом i будем понимать тип соответствующего технического средства ($i = 1, \dots, m$), то есть контейнера, автомобиля, крана и др.

Количество разновидностей грузов (например, в зависимости от величины объемной массы γ груза) обозначим u . Тогда под индексом e будем понимать разновидность груза, перевозимого в контейнерах ($e = 1, \dots, u$).

Количество способов организации работы с контейнерами (способов перевозки, технологий ПРТС-работ и т. п.) обозначим k . Тогда под индексом j будем понимать способ организации работы с контейнерами ($j = 1, \dots, k$).

Согласно методике определения сравнительной эффективности капитальных вложений, основанной на сравнении приведенных затрат по вариантам, экономически целесообразным вариантом считается тот, который обеспечивает минимум приведенных затрат.

Суммарные приведенные затраты, так же, как и при оценке любой экономической деятельности, при контейнерных перевозках грузов могут представлены в общем виде [9]:

$$E_{np} = C + E \cdot K, \quad (1)$$

где C – эксплуатационные затраты, тыс. грн.; E – норма прибыли на вложенный капитал, в долях единицы; K – капитальные (единовременные) затраты, тыс. грн.

Суммарные приведенные затраты по всем шести видам (элементам) технического комплекса контейнерной транспортной системы ($J = 1, \dots, 6$)

$$E_{np} = \sum_{J=1}^6 E_{npJ} \cdot J. \quad (2)$$

Суммарные приведенные затраты по каждому из шести видов (элементов) технического комплекса контейнерной транспортной системы для данного груза

$$E_{npJ} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m Q \cdot (C_{ij} + E \cdot K_{ij}) \cdot \tau_i, \quad J = 1, \dots, 6, \quad (3)$$

где τ_i – коэффициент, характеризующий часть (долю) перевозок груза в контейнерах данного (i -го) типа от общего объема перевозок грузов во всех типах контейнеров.

Суммарные приведенные затраты по всем шести видам (элементам) технического комплекса контейнерной транспортной системы для данного груза

$$E_{np}^e = \sum_{J=1}^6 \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m Q \cdot (C_{ij} + E \cdot K_{ij}) \cdot \tau_i. \quad (4)$$

Суммарные приведенные затраты по всем шести видам (элементам) технического комплекса контейнерной транспортной системы для всех грузов

$$E_{np} = \sum_{J=1}^6 \sum_{e=1}^u \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m Q_e \cdot (C_{ij} + E \cdot K_{ij}) \cdot \tau_{ei}, \quad (5)$$

где Q_e – количество груза e -го вида, которое предполагается перевезти в контейнерах за определенный период времени; τ_{ei} – коэффициент, характеризующий часть (долю) перевозок e -го вида груза в контейнерах данного (i -го) типа от общего объема перевозок грузов во всех типах контейнеров.

Удельные приведенные затраты, грн./т, при перевозке грузов с заданными характеристиками в контейнерах с различными параметрами [10]

$$C = f(P_{ni}, q_{yi}, \eta_i, \gamma, \delta, \psi_{ki}, \tau_{ki}, j_i), \quad (6)$$

где P_{ni} – действительная масса брутто грузового контейнера, т; q_{yi} – удельная (объемная) грузоподъемность контейнера, т/м³; η_i – коэффициент тары контейнера; γ – объемная масса (плотность) груза, т/м³; δ – коэффициент, учитывающий степень использования полезного объема контейнера (для пакетированных тарно-штучных грузов в среднем $\delta = 0,7-0,75$, для сыпучих грузов $\delta = 0,85$ [5]); ψ_{ki} – ко-

эффициент, характеризующий структуру парка, то есть долю контейнеров данного (i -го) типа в общем парке контейнеров; τ_{ki} – коэффициент, характеризующий часть (долю) перевозок грузов в контейнерах данного (i -го) типа от общего объема перевозок грузов во всех типах контейнеров; j_i – единичная расчетная ставка, грн., изменяющейся части расходов, зависящей от данного (i -го) типа контейнеров при заданной условно постоянной характеристике груза.

В соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 20231-83 Контейнеры грузовые. Термины и определения, действительная масса брутто грузового контейнера – собственная масса грузового контейнера вместе с массой помещенного в нем груза.

Удельная (объемная) грузоподъемность контейнера q_{vi} является отношением его грузоподъемности (максимально допустимой массы груза в грузовом контейнере) к внутреннему объему контейнера (объему грузового контейнера, ограниченного его внутренними поверхностями) [3].

В соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 4.50-78 Система показателей качества продукции (СПКП). Контейнеры грузовые. Номенклатура показателей, коэффициент тары η контейнера – отношение собственной массы контейнера к его максимальной массе брутто.

Определение величин τ_{ki} , характеризующих часть (долю) перевозок грузов в контейнерах i -го типа от общего объема перевозок грузов во всех типах контейнеров выполняется на основе анализа грузопотоков и определения распределения перевозимых грузов по величине объемной массы и размерам партий поставки. Эти величины могут также быть определены по потребному количеству контейнеров тех типов, в которых может быть перевезена продукция по каждой из категорий отправок грузов по их массе (начиная с одной тонны с шагом в одну или полтонны), исходя из их характеристики (в первую очередь объемной массы грузов, габаритов упаковки грузов или транспортных пакетов). Устанавливают части (доли) ψ_{ki} контейнеров каждого типа в общем парке контейнеров, после чего окончательно корректируют значения τ_{ki} .

Единичная расчетная ставка j_i определяется по измерителям работы, соответствующим выбранным натуральным показателям, зависящим от параметров технических средств, входящим в состав каждого элемента технического комплекса контейнерных перевозок.

Затраты на остальные виды (элементы) комплекса технических средств контейнерных перевозок определяются аналогично.

Суммарные приведенные затраты, связанные с данным вариантом комплекса технических средств контейнерных перевозок, могут быть представлены в виде целевой функции:

$$E_{np} = \sum_{J=1}^6 \sum_{e=1}^u \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m Q_e \times \tau_{ei} \times \quad (7)$$

$$\times [aX_{Jij} + bY_{Jij} + cZ_{ie} + A + E(dX_{Jij} + eY_{Jij} + fZ_{ie} + B)] \rightarrow \min$$

где X_{Jij} – параметры, значения которых определяются параметрами технических средств и функционально зависят от них (например, от таких как P_{ki} –

средняя загрузка контейнера данного типа (статическая нагрузка), т, W_{ki} – годовая производительность (выработка) i -го типа контейнера рабочего парка, т/год, и др.); Y_{Jij} – параметры, определяемые сочетанием технических средств (структурой парка) и распределением объема работы, выполняемой тем или иным техническим средством (ψ_{ki} , τ_{ki}); Z_{ie} – параметры, величина которых определяется факторами, не входящими в состав технического комплекса контейнерной транспортной системы, но взаимосвязанной с типажом, параметрами технических средств и структурой их парка (типы тары, способы упаковывания, типы, характеристики складов, пакетоформирующие машины и др.); Q_e – годового объема перевозки e -го груза в контейнерах, т; a, b, c, d, e, f – числовые коэффициенты, рассчитанные по действующим (или перспективным) единичным расходным ставкам; A, B – величины затрат, условно принимаемые постоянными, прямо не связанные с изменяющимися параметрами X, Y и Z .

Условия процесса контейнерных перевозок можно представить в виде системы ограничений [10]:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{Jij \min} \leq X_{Jij} \leq X_{Jij \max}, \\ Y_{Jij \min} \leq Y_{Jij} \leq Y_{Jij \max}, \\ Z_{ie \min} \leq Z_{ie} \leq X_{ie \max}, \\ X_{Jij \min} \geq u, \\ X_{Jij \max} \leq R, \\ Y_{Jij \min} \geq \psi_{k \min}, \\ Y_{Jij \max} = 1, \\ Z_{ie \min} \geq 0, \\ Z_{ie \max} \leq S \end{array} \right. \quad (8)$$

Например, принимая за X_{Jij} полезную нагрузку контейнера P_k , видим, что $P_{k \min} > 0$, так как $P_k = 0$ означает перевозку пустого контейнера. Очевидно, что величина u должна равняться минимальной величине отправки (партии данного груза q_e), перевозимой в данном (i -м) типе контейнера. Она может определяться условиями поставки, технологическими нормами, величиной объемной массы груза γ и полезного внутреннего объема контейнера и т. п. и должна соответствовать

$$P_{k \max} \leq R, \quad (9)$$

где R – в данном случае действительная загрузка грузового контейнера (фактическая масса груза, загруженного в грузовой контейнер). Полезная загрузка контейнера продукцией с наибольшими значениями γ не может превышать определенного конструктивного предела (грузоподъемности P грузового контейнера – максимально допустимой массы груза в грузовом контейнере).

Аналогично устанавливаются все ограничения по Y_{Jij} . Величина их, например, по $Y_{Jij} \rightarrow \psi_k$. Контейнерный парк может состоять как минимум из одного типа контейнера ($\psi_k = 1$), при этом $Y_{Jij \max} = \psi_k = 1$. Минимальное значение будет выражаться дробью, при этом следует руководствоваться соотношениями желаемой точности расчета. Например, можно с уверенностью исключить из расчета все

контейнеры, количество которых в парке составляет менее 1%. Тогда $Y_{Jij \min} = \psi_{k \min} = 0,01$. Для укрупненных расчетов можно принять, что $\psi_{k \min} = 0,05$.

Предпоследнее ограничение показывает, что, например, перевозка допускается без какой-либо упаковки (допустим, насыпью или в том виде, в котором штучные грузы выходят с конвейера предприятия-изготовителя) или перестройка складского хозяйства не требуется и т. п.

В последнем ограничении S определяет наиболее прочную (дорогостоящую) тару, рассчитанную на условия перевозки на экспорт. Значение S определяет существующая (или перспективная) тара и упаковка.

Таким образом, целевая функция (7) выражает суммарные приведенные эксплуатационно-строительные затраты на контейнерную перевозку заданной массы e -го груза (Q_e) при различных сочетаниях контейнеров с разными параметрами и других технических средств (X_{Jij}, Y_{Jij}, Z_{ie}) в составе их комплекса, который является материальной базой контейнерной транспортной системы (с учетом ограничений, налагаемых на параметры X, Y и Z).

Как указывалось выше, при использовании контейнеров по грузоподъемности или объему меньше требуемой партии поставки (q_e) данного груза, для перевозки этой партии потребуются несколько контейнеров. Это увеличит транспортные издержки по сравнению с перевозкой в одном, крупнотоннажном контейнере.

В случае, когда грузоподъемность или объем (либо то и другое) контейнера больше (тем более, значительно), чем потребная партия доставки, то полезная нагрузка P_{ki} контейнера будет ниже номинального значения для данного груза, что снова приведет к росту транспортных издержек.

При использовании контейнеров по грузоподъемности выше требуемой партии поставки данного груза могут возникнуть потери от иммобилизации материальных ресурсов из-за увеличения запасов на складах получателя продукции [6].

Поэтому при конкретных расчетах по определению рационального типажа и параметров контейнеров, а также структуры их парка для доставки e -й продукции или u видов продукции нужно учитывать, соответствует ли принимаемый типаж контейнеров величинами потребных (заказных) партий доставки продукции и вносить соответствующую корректировку значений полезной нагрузки контейнера P_{ki} .

Например, потребная партия единовременной поставки пакетируемого штучного груза $q_e = 8$ т. Объемная масса данного груза, отправляемого в пакетируемом виде (пакетами с размерами в плане 800×1200 мм) $\gamma = 0,83$ т/м³.

Контейнерные грузы условно делят на две группы: легкие, со средней величиной объемной массы $\gamma_l = 0,52$ т/м³, и тяжелые, с $\gamma_t = 0,72$ т/м³ [10].

По характеристикам груза, в соответствии с определением межотраслевого стандарта ГОСТ 20231-83 «Контейнеры грузовые. Термины и определения», принимаем универсальный контейнер – грузовой контейнер для штучных грузов широкой но-

менклатуры, укрупненних грузових одиниць і мелкоштучних грузов.

Кроме того, универсальные контейнеры благодаря их стандартизации по массе брутто, габаритам и присоединительным размерам, по конструкции присоединительных устройств к подвижному составу транспорта и к грузозахватным устройствам погрузочно-разгрузочных машин, с минимальными затратами времени и труда используются в смешанных перевозках грузов, реализуя принцип «от двери до двери» [3].

Для перевозки данной партии груза массой 8 т выбираем по межгосударственному стандарту ГОСТ 18477-79 «Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры» ближайший больший по номинальной массе брутто. Это универсальный контейнер типа типоразмера 1D (номинальная масса брутто 10 т, максимальная масса брутто $R = 10,16$ т, внутренний объем $14,3 \text{ м}^3$, собственная масса T не более $1,46$ т) [6].

Этот крупнотоннажный контейнер имеет грузоподъемность (в соответствии с определением ГОСТ 20231-83) $P = R - T = 10,16 - 1,46 = 8,7$ т.

При загрузке данным грузом (8 т) контейнер может быть загружен до максимально допустимой массы груза в грузовом контейнере (другими словами, «полной» грузоподъемности) 8,7 т, то есть его грузоподъемность используется на 92%.

Предположим, что 10-тонных контейнеров для перевозки нет. Тогда указанная партия поставки может быть перевезена в контейнере 1С (массой брутто 24 т), при потере 63% грузоподъемности ($P = R - T = 24 - 2,12 = 21,88$ т).

Укрупним отправку до двух заказных партий – 16 т и используем 24-тонный универсальный контейнер 1С. В этом случае грузоподъемность используется на 73%. В этом случае транспортные издержки сократятся, но возрастет запас на складе получателя, а следовательно, увеличится его стоимость и затраты на содержание. Можно проверить переход на складское снабжение.

Укрупнить отправку до трех заказных партий (24 т) и использовать 25-тонный контейнер 1В не представляется возможным, так его грузоподъемность $P = R - T = 25,4 - 2,8 = 22,6$ т. Использовать этот контейнер для двух партий также не всегда возможно, так как в международных стандартах ISO 668:1995 «Series 1 freight containers. Classification, dimensions and ratings», контейнеров максимальной массой 25 тонн не указано, а под типом 1В указан сухогрузный 30-футовый контейнер, имеющий габаритные размеры 25-тонного контейнера, но с максимальной массой в 30,48 т.

Могут быть использованы также среднетоннажные контейнеры типа УУК-3 (массой брутто 3 т, грузоподъемностью $P_{\text{гб}} = 2,4$ т, полезным объемом $5,1 \text{ м}^3$). При $P_{\text{к}} = 2$ т контейнеров потребуются четыре. Потеря грузоподъемности составит 17% ($P = R - T = 3 - 0,6 = 2,4$ т).

Здесь следует отметить, что перевозка 1 т груза в среднетоннажных контейнерах обойдется на 20–30% дороже, чем в крупнотоннажном [10].

ВЫВОДЫ. 1. Интерес экспортеров зерна Украины к доставке зерновых грузов партиями в контейнерах в порты для перевозки морским транспортом обусловлен повышенным мировым спросом на зерно, структурой спроса и ситуацией с контейнерными перевозками.

2. Выбор оптимального варианта технического комплекса контейнерных перевозок, в общем случае состоящего из шести видов (элементов), каждый из которых включает в себя m типов технических средств, k способов организации работы и u видов грузов, может быть выполнен с помощью оптимизационной линейной математической модели. В этой модели целевой функцией, наименьшее значение которой нужно найти, выступают суммарные приведенные затраты, связанные с функционированием технического комплекса контейнерной транспортной системы. При этом учитывается система ограничений, накладываемых на переменные модели условиями процесса контейнерных перевозок.

3. Предложена методика корректировки полезной нагрузки контейнеров для случая, когда типаж и структура парка контейнеров не соответствуют заказным партиям поставки по массе или объему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каткевич В. Украина переходит на контейнеры. URL: <http://www.loglink.ru/news/57232> (дата обращения: 23.05.2018).
2. Ключко Р. Невероятные приключения контейнеровоза, или Порт: технология «машинного доения». URL: <http://www.loglink.ru/massmedia/analytics/record/?id=943> (дата обращения: 23.05.2018).
3. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства / Ширяев С. А. Гудков В. А., Миротин Л. Б. Москва: Горячая линия - Телеком, 2007. 848 с.
4. Teodorovic D., Janic M. Transportation Engineering: Theory, Practice, and Modeling. New York; London: Butterworth-Heinemann, 2017. 894 p.
5. Контейнерная транспортная система / Л. А. Коган и др. Москва: Транспорт, 1991. 254 с.
6. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б., Куликов А. В. Грузовые автомобильные перевозки. Москва: Горячая линия - Телеком, 2006. 560 с.
7. Прудникова В. П. Контейнер – как средство перевозки грузов. Владивосток: МГУ им. адм. Г. И. Невельского, 2009. 29 с.
8. Логистика автомобильного транспорта / В. С. Лукинский и др. Москва: Финансы и статистика, 2004. 368 с.
9. Журухин Г. И., Руткаускас Т. К. Прикладная экономика. Екатеринбург: РГППУ, 2015. 301 с.
10. Пладис Ф. А. Методические рекомендации по выбору рациональных комплексов технических средств системы контейнерных перевозок. Калуга: ВНИИЭКИТУ, 1987. 127 с.
11. Транспортная логистика / С. Е. Гавришев и др. Санкт-Петербург: ПГУПС, 2003. 279 с.

**OPTIMIZATION MODEL OF CHOOSING TECHNICAL MEANS
OF CONTAINER TRANSPORTATIONS AND THEIR RATIONAL COMBINATION**

V. Zagoryanskii, T. Haykova, V. Khorol'skii, I. Kuzev

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: zagor_vlad@ukr.net

Purpose. To develop a methodology of using the mathematical model that presupposes an optimization procedure with the help of which effective types of technical means and their number and structure necessary for carrying out container transportations, including containers, to adjust the payload of containers, can be determined. **Methodology.** To select the rational type and parameters of the main technical means of the container transport system and their combinations (the structure of parks) a systematic approach is used; this approach is accompanied with complex technical and economic calculations. **Results.** The prerequisites for the formation and functioning of cost-effective container freight traffic in Ukraine using automobile transport are considered. The technical means of the container transport system are divided into six main types (elements), which form a single technical complex. At the specific calculations to determine the rational type and parameters of the containers, as well as the structure of their fleet for the cargo delivery, it should be taken into account whether the accepted type and structure of the container fleet correspond to the quantities of the required (ordered) delivery batches and to make the appropriate adjustment of the container payload values. **Originality.** A system of model limitations, taking into account the conditions of the container transportation process, is also distinguished. The criterion for the effectiveness of the choice variant (the criterion for the effectiveness of the selection (the objective function of the mathematical model) is the value of the aggregate reduced costs, with their minimization). Factors determining the specific reduced costs for the goods transportation with specified characteristics in containers with various parameters are pointed out. **Practical value.** For the illustration of the application of the proposed approach, the case of a mismatch between the type and structure of the container fleet to the ordered delivery lots by mass or volume was considered and technique for correcting the container payload was proposed.

Key words: container, transportation, cargo, complex, technical means, model, optimization, costs.

REFERENCES

1. Katkevich, V. (2018), Ukraina perekhodit na konteynery, available at <http://www.loglink.ru/news/57232>.
2. Klochko, R. (2018), Neveroyatnyye priklyucheniya konteynerovoza, ili Port: tekhnologiya «mashinnogo doyeniya», Web. 23 February 2018, available at <http://www.loglink.ru/massmedia/analytics/record/?id=943>.
3. Shirayayev, S. A., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B. (2007), *Transportnyye i pogruzochno-razgruzochnyye sredstva* [Transport and handling equipment], Goryachaya liniya – Telekom, Moscow, Russia.
4. Teodorovic, D., Janic, M. (2017), *Transportation Engineering: Theory, Practice, and Modeling*, New York; London: Butterworth-Heinemann.
5. Kogan, L. A., Kozlov, Yu. T., Sitnik, M. D. (1991), *Konteynernaya transportnaya sistema* [Container transport system], Transport, Moscow, USSR.
6. Vel'mozhin, A. V., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B., Kukikov, A. V. (2006), *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Avtomobile cargo transportation], Goryachaya liniya – Telekom, Moscow, Moscow Russia.
7. Prudnikova, V. P. (2009), *Konteyner – kak sredstvo perevozki gruzov* [Container – as a means of cargo transportation], MGU im. adm. G. I. Nevel'skogo, Vladivostok, Russia.
8. Lukiskij, V.S., Berezhnoj, V. I., Berezhnaya, E. V. (2004), *Logistika avtomobil'nogo transporta* [Logistics of avtomobile transport], Finansy i statistika, Moscow, Russia.
9. Zhurukhin, G. I., Rutkauskas, T. K. (2015), *Prikladnaya ekonomika* [Applied Economics], RGPPU Ekaterinburg, Russia.
10. Pladis, F. A. (1987). *Metodicheskiye rekomendatsii po vyboru ratsional'nykh kompleksov tekhnicheskikh sredstv sistemy konteynernykh perevozok* [Methodological recommendations on the selection of rational complexes of technical means of the container transportation system], VNIIEKITU, Kaluga, USSR.
11. Gavishev, S. E, Dudkin, E. P., Kornilov, S. N. (2003), *Transportnaya logistika* [Transport logistics], PGUPS, Saint Petersburg, Russia.

Стаття надійшла 17.05.2018.