

Войченко Т.О., Трофименко І.В., Шевченко А.П., Рященко О.І.

АНАЛІЗ НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

Метою статті є аналіз напрямів досліджень щодо маршрутизації транспортних засобів при експлуатації контейнерних терміналів морських портів. Поставлена мета досягається шляхом аналізу джерел інформації щодо загальних задач маршрутизації транспортних засобів і проблем, пов'язаних з ними, а також безпосередньо процесів, які пов'язані з маршрутизацією і плануванням на контейнерних терміналах. Встановлено, що сукупність процесів, пов'язаних з маршрутизацією і плануванням на контейнерних терміналах, містить процес планування (розподілу) причалу, процес планування (розподілу) причального крана та процес планування штабелювання (розміщення транспортних засобів під кранами і транспортування кранів). Доведено, що різні проблеми, пов'язані з операціями на контейнерних терміналах, можуть виникати як проблеми маршрутизації транспортних засобів. У зв'язку з цим в статті розглянуто значний обсяг теоретичних і практичних досліджень, присвячених важливості оптимізації логістичних операцій на контейнерних терміналах морських портів. При цьому визначено, що в силу специфічних характеристик контейнерних терміналів стандартні теоретичні моделі часто вимагають коректив на практиці. При цьому зазначено, що інвестиційні та експлуатаційні витрати на судна і портове обладнання дуже високі, а конкуренція між контейнерними терміналами зростає, що змушує операторів скорочувати непродуктивні простой в порту. Найбільш суттєвим результатом дослідження є критичний аналіз недоліків і переваг можливих підходів щодо маршрутизації транспортних засобів при експлуатації контейнерних терміналів морських портів. Подальшим напрямом роботи є проведення досліджень щодо використання інтелектуальних механізмів маршрутизації та планування транспортних засобів, які дозволять економно використовувати дороге обладнання та простір. Аналіз існуючих напрямків досліджень показав, що конкурентоспроможність терміналу також включає питання бережливих операцій і внутрішньої логістики, а також наземних операцій, транспортного сполучення і маршрутизації в цілому.

Ключові слова: морський порт, судно, контейнерний термінал, маршрутизація, кран, причал, транспортний засіб

Постановка проблеми. Впровадження системи контейнеризації, яка полягає в укладанні вантажу в герметичні, багаторазові ящики стандартизованих розмірів, стало одним з найбільш значущих способів транспортування вантажів на сьогоднішній день. Ця система, забезпечуючи високу ефективність, зробила революцію не тільки в морській галузі і портах, а й в міжнародній торгівлі, змінивши концепцію, конструкцію, функції та функціонування транспортних систем по всьому світу. Таким чином, контейнери можуть використовуватися в різних транспортних системах по всьому світу, навіть дозволяючи транспортувати дорогі вантажі економічно вигідним способом. На теперішній час кількість і місткість контейнерних терміналів морських портів збільшується, але в короткостроковій перспективі необхідно враховувати обмежені потужності існуючих терміналів при обробці зростаючих обсягів вантажів. У зв'язку з цим портові органи і оператори контейнерних терміналів повинні переглянути буферизацію й обробку контейнерів для підвищення ефективності, а не просто збільшення пропускної здатності у відповідь на збільшення обсягів вантажів з метою зниження витрат.

Для скорочення непродуктивного часу перебування в порту необхідно знизити експлуатаційні витрати на судна і контейнерні термінали, а також знизити капіталізацію суден, контейнерів і портового обладнання. Основним завданням є скорочення витрат часу на розвантаження і завантаження суден. У світових вантажоперевезеннях швидкість має велике значення як для перевізника, так і для терміналу, так як конкуренція серед контейнерних терміналів стає все більш інтенсивною.

Останні дослідження показують, що автоматизація транспортування, зберігання і штабелювання контейнерів грає ключову роль у підвищенні ефективності обробки на терміналах і скороченні витрат часу на обробку суден. Для досягнення високої продуктивності використовуються різні види техніки, наприклад, транспортні засоби, які горизонтально перевозять контейнери на пристані і на суші. До недавнього часу пасивні транспортні засоби, такі як причіпні вантажівки або автоматизовані керовані транспортні засоби, використовувалися спільно з кранами. Однак у теперішній час розроблені автоматизовані підйомні машини. Поточні стратегії зосереджені на використанні автоматизованого обладнання для обробки та транспортування контейнерів. Особливо це актуально в країнах з високими трудовитратами, де ручне управління транспортними засобами буде замінено на автоматизоване. До таких стратегічних рішень відноситься підбір обладнання, швартових засобів та інформаційних систем, а також поліпшення конфігурації терміналів і мультимодальних інтерфейсів. Вони є основою для оперативного планування та моніторингу в режимі реального часу, таких як планування кранів та послідовності робіт. При цьому, маршрутизація і планування є найважливішими частинами тактичного і оперативного планування в цій сфері.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасній літературі докладно розглядаються загальні задачі маршрутизації транспортних засобів і проблеми, пов'язані з ними. При цьому багато з цих проблем можуть бути безпосередньо пов'язані з логістикою контейнерних терміналів. Наприклад, у роботі [1] представлений ранній і всебічний огляд різних типів задач маршрутизації. У роботах [2] і [3] є огляди з проблеми задачі маршрутизації транспортних засобів (vehicle routing problem (VRP)). Задача комівояжера (traveling salesman problem (TSP)) визначає найкоротший шлях через набір точок, де кожную точку необхідно відвідати рівно один раз ([4], [5]). Проблема сільського листоноші (rural postman problem (RPP)) – це проблема знаходження найменш витратного замкнутого шляху у графі, що містить, хоча б раз, кожне ребро в заданому наборі дуг [6]. У статті [7] наведено застосування RPP у логістиці контейнерних терміналів. При вирішенні проблеми самовивозу та доставки (pickup and delivery problem (PDP)) повинен бути побудований набір маршрутів для задоволення заданої кількості запитів транспортних засобів автопарком. Кожен транспортний засіб має певну місткість, пункт відправлення і призначення (депо). У кожній транспортній заявці повинні бути вказані розміри вантажу, що перевозиться, місце, де він повинен бути прийнятий, і місце, куди він повинен бути доставлений [8]. При узагальненому підході, наприклад, маршрутизацію суден можна визначити як призначення послідовностей портів, які будуть відвідувати судна. Планування привносить часові аспекти в маршрутизацію. При такому підході планування судна передбачає терміни проведення різних заходів на маршруті судна. Наприклад, стан і перспективи маршрутизації і планування суден розглядаються в роботах [9–15].

Метою статті є аналіз напрямів досліджень щодо маршрутизації транспортних засобів при експлуатації контейнерних терміналів морських портів. При цьому, оскільки в статті розглядаються операції, пов'язані саме з терміналами, в подальшому виключаються з розгляду проблеми, пов'язані з маршрутизацією суден, а також проблеми лінійного оператора, пов'язані з пошуком кращих (мультимодальних) маршрутів для контейнерів і їх повторним використанням.

Викладення основного матеріалу. Підсистеми контейнерних терміналів у морських портах, як правило, мають однакову структуру, хоча їх розміри, функції, транспортно-перевантажувальне обладнання та компонування можуть значно відрізнятися. У цілому контейнерний термінал – це відкрита система матеріальних потоків з двома зовнішніми інтерфейсами: причалом, де вантажаться або розвантажуються судна, і причалом, де контейнери перевантажуються на вантажівки і поїзди для подальшого транспортування. Швартові і наземні операції відокремлюються один від одного штабелями, які використовуються для зберігання тари.

Коли контейнеровози прибувають в порт, контейнеровози пристиковуються до причалів, які оснащуються кранами для навантаження і розвантаження контейнерів. Потім незавантажені контейнери переміщують у зовнішні зони поблизу місця, де вони будуть завантажені на наступний транспорт. Контейнери, відвантажені в інші місця, прибувають на термінали автомобільним або залізничним транспортом. Вони проходять спецоперації на об'єктах, де підхоплюються внутрішньою технікою і розподіляються на відповідні об'єкти на зовнішній території. Додаткові переміщення здійснюються при порожніх складах або критих приміщеннях; включаючи переміщення між порожніми контейнерами, пакувальним центром та контейнерами, отриманими або відправленими зі складу.

Контейнерні термінали відрізняються видами вантажно-розвантажувальної техніки, які об'єднані в єдину термінальну систему. Незважаючи на це, на всіх терміналах використовуються причальні крани, які можуть бути одно- або двовізковими, ручними або напівавтоматичними. Переміщення вантажів між причалом і штабелем може здійснюватися різними транспортними засобами, в тому числі вантажними автомобілями з причепами, мультипричепами, автоматизовані керованими транспортними засобами (automated guided vehicles (AGV)) або транспортними засоби з відкидними бортами (straddle carriers (SC)).

Описані вище різні типи транспортних засобів можуть використовуватися в терміналах, оснащених козловими кранами для зберігання контейнерів. Іноді використовуються гібридні системи, в яких використовуються різні види транспорту, наприклад, мультипричіп для роботи на причалі і SC для наземного обслуговування. Термінали AGV досі використовуються тільки в поєднанні з автоматичними козловими кранами. Зазвичай поїзди завантажуються і розвантажуються козловими кранами, навіть на терміналах, обладнаних кранами космічних кораблів, але іноді для цієї мети можуть використовуватися SC (рис. 1 та рис. 2).

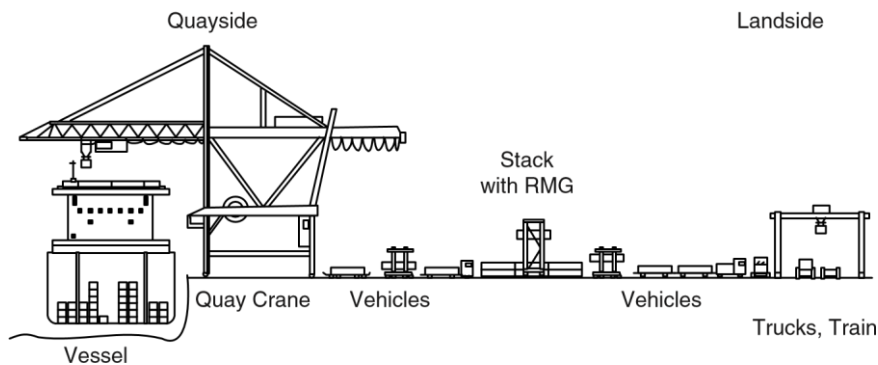


Рисунок 1 – Схема контейнерної термінальної системи

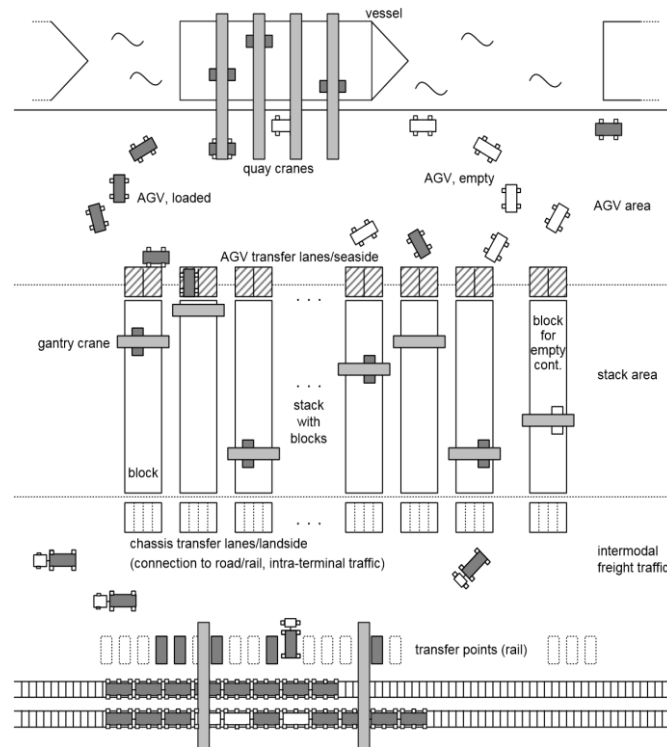


Рисунок 2 – Схема компоновки автоматизованого терміналу

Формально сукупність Pr_{all} процесів, які так чи інакше пов'язані з маршрутизацією (VRP) і плануванням на контейнерних терміналах, представимо у вигляді такого кортежу:

$$Pr_{all} = \langle Pr_{pb}, Pr_{pmc}, Pr_{pl} \rangle, \quad (1)$$

де Pr_{pb} – процес планування (розподілу) причалу;

Pr_{pmc} – процес планування (розподілу) причального крана;

Pr_{pl} – процес планування штабелювання (розміщення транспортних засобів під кранами і транспортування кранів).

Планування причалу або розподіл причалу – це процес, який передбачає визначення часу і місця, де судно повинно стикуватися. До прибуття судна йому відводиться певний причал. Графік руху великих суден зазвичай відомий на рік вперед. Причали повинні бути виділені задовго до прибуття перших контейнерів, призначених для судна, як правило, за два-три тижні до його прибуття. При цьому необхідно враховувати технічні характеристики суден і швартових кранів. Всі судна, які будуть причалювати протягом визначеного періоду часу, повинні бути відображені в системах розподілу причалів. Однією з основних цілей розподілу причалів є мінімізація загальної кількості відстаней, які контейнери, призначені для завантаження або розвантаження, повинні долати від берега до місця завантаження або розвантаження. Крім того, ще однією важливою метою є мінімізація відстаней, які повинні долати транспортні засоби, що обслуговують причальні крани. Це сприяє максимальній продуктивності судна. Автоматичний та оптимізований розподіл причалів особливо важливий у разі затримок суден, коли завдання планування причалів формуються як різні комбінаторні задачі оптимізації в залежності від конкретних цілей та обмежень, які необхідно дотримуватися.

Розподіл і планування швартового крана означає визначення того, які швартові крани будуть обслуговувати судно і як вони будуть виконувати вантажно-розвантажувальні роботи для кожного трюму на причальному судні. Такий розподіл кранів повинен враховувати ряд обмежень, включаючи технічні характеристики кранів і суден, що знаходяться у даний час на причалі, а також наявність кранів біля причалу. Кількість кранів, які можуть працювати на одному причалі,

зазвичай обмежена, оскільки не кожен кран можна використовувати на кожному причалі. Крім того, простої крана викликають перешкоди, пов'язані з обмеженим простором, оскільки причальні крани встановлюються на одній колії і не можуть перетинати один одного. Тільки один причальний кран може працювати на кожному трюмі в будь-який момент часу, а мінімальна безпечна відстань (зазвичай не менше двох суднових відсіків) повинна підтримуватися між двома сусідніми кранами та їх стрілами. Залежно від реальної ситуації і цілей терміналу немає єдиної мети щодо оптимізації. Крім того, розподіл кранів визначає режим завантаження судна і відсіків судна. Судно може бути завантажено як горизонтально, так і вертикально, починаючи з причалу або поблизу вододілу, в результаті чого утворюються чотири різних основних режими завантаження. План штабелювання, поділ кранів і режим завантаження разом впливають на робочі інструкції, які визначають послідовність завантаження для кожного контейнерного відсіку. При цьому, послідовності маршрутизації наземного транспорту повинні відповідати цій послідовності завантаження.

Зосередимо увагу на двох типах проблем планування причальних кранів. У першому типі графіки швартування і швартових кранів визначаються одночасно шляхом вказівки часу початку і закінчення (розвантаження) операцій по кожному причальному крану, закріпленому за конкретним судном. Більшість існуючих досліджень розглядають другий тип, визначаючи детальні графіки для кожного причального крана із заздалегідь визначеними часовими вікнами для (розвантаження) операцій на визначених судах. Постановка обох типів завдань зазвичай ґрунтується на змішаних цілочисельних моделях програмування.

Для вивантаження на судна контейнери повинні перевозитися між штабелем і судном. Оптимізація перевезень біля причалу спрямована на скорочення термінів транспортування і узгодження з роботою швартових кранів. Основна мета – підвищення продуктивності крана. Хоча технічні характеристики кранів дозволяють досягти продуктивності в 50-60 контейнерів за одиницю часу, на практиці реальна продуктивність становить від 22 до 30 контейнерів за одиницю часу. Зниження продуктивності відбувається через непродуктивних простоїв, таких як перерви в змінах, переміщення люків і кріпильного обладнання, технічні збої і перевантаження при горизонтальному транспортуванні. Збільшення продуктивності не може бути досягнуто тільки збільшенням розмірів автопарку або швидкості руху транспортних засобів. Крім того, велика кількість транспортних засобів призводить до збільшення витрат і зниження економічної ефективності експлуатації суден. Тому система оптимізації повинна мінімізувати ці перевантаження. Можна виділити різні види транспорту і стратегії розташування транспортних засобів на причалі. В однократному режимі транспортні засоби обслуговують тільки один кран, коли перевозять контейнери від причалу до місця навантаження або розвантаження або навпаки, в залежності від циклу роботи крана. У двоцикловому режимі транспортні засоби обслуговують кілька кранів, що дозволяє поєднувати перевезення вхідних і вихідних контейнерів. Також транспортні засоби можуть розташовуватися під одним краном (за допомогою відповідної конструкції) або під декількома кранами і суднами.

Різні види транспорту надають різні можливості для оптимізації. Однак однократний режим не може бути оптимізований для вхідних контейнерів, тоді як завантаження вихідних контейнерів може бути оптимізовано на рівні транспортування. Слід враховувати, що послідовність транспортування відрізняється від послідовності навантаження, яка залежить від плану прокладки, поділу кранів і стратегії навантаження кранів. Різні фактори, такі як перестановки, спеціальні контейнери та відстані, можуть призвести до додаткового часу транспортування. Щоб уникнути простоїв крана і заторів транспортних засобів на кранах і штабелях, необхідно змінити транспортну послідовність для забезпечення правильного порядку послідовності навантаження. Двоцикловий цикл є більш складним, оскільки розподіл транспортних засобів на крани не фіксований, але робота транспортних засобів для обслуговування декількох кранів у режимах навантаження або розвантаження є більш ефективною. Цей режим дозволяє скоротити порожні відстані і час транспортування, а також скоротити час очікування крана, якщо контейнери можна буферизувати під крановий портал.

У термінальній практиці автоматичні транспортні засоби завжди об'єднуються, в той час як пілотоване обладнання зазвичай працює тільки на одному крані (з фіксованим розподілом). Якщо вантажопідйомність перевищує один контейнер, використовується режим багаторазового завантаження. Багаторазове навантаження для автоматизованих транспортних засобів пропонує потенціал для оптимізації, але на практиці це рідкість через складність організації. Основним завданням системи управління є синхронізація пілотованого й автоматизованого обладнання таким чином, щоб контейнери прибували вчасно на інтерфейси обладнання, щоб мінімізувати час простою кранів (затримка доставки контейнерів для кранів) і час руху транспортних засобів. У зв'язку з динамічністю судна необхідна онлайн-оптимізація. При виникненні несправностей через технічні проблеми зі швартуючими кранами або горизонтальними транспортними засобами або за рішенням кранівника послідовність (розвантаження) часто необхідно негайно міняти. Однак, оскільки автоматичні транспортні засоби працюють повільніше, ніж традиційні причепи, розмір парку автоматичних транспортних засобів зазвичай є більшим, ніж розмір парку причепів, що дозволяє уникнути відповідні вузькі місця. Це призводить до інтенсивного руху автотранспорту. При цьому саме правильне поводження з автоматичним рухом транспортних засобів має вирішальне значення для ефективного поводження з контейнерами.

Основним напрямком оптимізації перевезень козловими кранами, що працюють у штабелях, є управління послідовністю робіт і призначенням відповідних кранів з урахуванням пріоритетності робочих місць. Оптимізація перевезень кранів-штабелерів зводиться до тих же вимог, що і до горизонтального транспорту, і може мати у своєму складі використання порівняльних алгоритмів. Основна мета – скоротити час очікування транспортних засобів на стиках штабеля або час ходу кранів. Операції зі штабелями кранів та причальними або наземними операціями є взаємозалежними. Оскільки трафік на інтерфейсах швидко змінюється, також потрібна онлайн-оптимізація, і послідовності завдань повинні перераховуватися щоразу, коли з'являються нові робочі місця.

Слід зазначити, однак, що велика частина досліджень на теперішній час присвячена окремим завданням на терміналі, а математичні моделі абстрагуються від усього транспортного ланцюжка та інтермодальної мережі. Наприклад, моделюється розподіл крана й оптимізується його робота без урахування горизонтального транспорту. Але комплексний підхід може показати, що оптимальний поділ крана викликає затори, оскільки транспортні засоби не можуть легко дістатися до кранів. Тому, незважаючи на спрощення, моделі обмежених задач часто залишаються досить складними. При цьому інтегровані моделі вимагають високих обчислювальних потужностей. Тому у теперішній час загальним підходом є розкладання проблеми на кілька споріднених моделей, а інтегральний підхід розглядається як перспектива на майбутнє. На закінчення слід зазначити, що майбутні дослідження також мають бути зосереджені на інтеграції передових операційних і фінансових стратегій, таких як, наприклад, динамічне ціноутворення.

Висновки. В останні роки все більше теоретичних і практичних робіт присвячується оптимізації логістичних операцій на контейнерних терміналах морських портів, що відображає їх важливість. Дослідження охоплюють всі елементи транспортного ланцюга, як всередині, так і за межами терміналу, включаючи проблеми призначення, маршрутизації та планування. Різні проблеми, пов'язані з операціями на контейнерних терміналах, можуть виникати як проблеми маршрутизації транспортних засобів. У зв'язку з цим значний обсяг теоретичних і практичних досліджень присвячений важливості оптимізації логістичних операцій на контейнерних терміналах морських портів. Дані дослідження охоплюють усі рівні планування – стратегічний, тактичний та оперативний, і застосовуються в різних областях реальних терміналів за допомогою сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Однак в силу специфічних характеристик контейнерних терміналів стандартні теоретичні моделі часто вимагають коректив на практиці.

При цьому треба зазначити, що інвестиційні та експлуатаційні витрати на судна і портове обладнання є дуже високими, а конкуренція між контейнерними терміналами зростає, що змушує операторів скорочувати непродуктивні простої в порту. У зв'язку з цим новим завданням стає переробка майбутніх мега-контейнеровозів зі збільшеною місткістю, а запорукою ефективності їх використання – автоматизація завдань транспортування, зберігання і штабелювання, а також

застосування методів оптимізації. Використання інтелектуальних механізмів маршрутизації та планування транспортних засобів є частиною цієї стратегії і дозволяє економно використовувати дороге обладнання та простір. Аналіз існуючих напрямків досліджень показав, що конкурентоспроможність терміналу також містить питання прибережних операцій і внутрішньої логістики, а також наземних операцій, транспортного сполучення і маршрутизації в цілому.

На закінчення слід зазначити, що дослідження зазвичай обмежуються розглядом окремих проблем, пов'язаних з терміналом, а математичні моделі не враховують весь транспортний ланцюжок та інтермодальну мережу. Тому мета підвищення продуктивності терміналу вимагає більш глибокого вивчення комплексної оптимізації. Наприклад, нове обладнання, таке як крани з двома підйомниками, концепції обробки контейнерного терміналу майбутнього, такі як плавучий кран, плавучий причал або морські контейнерні термінали, повинні бути оснащені програмним забезпеченням для оптимізації управління, щоб отримати бажаний та очікуваний приріст продуктивності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Routing and scheduling of vehicles and crews : the state of the art / L. Bodin et al. *Computers & Operations Research*. 1983. Vol. 10, No. 2. P. 63–211.
2. The Vehicle Routing Problem / P. Toth et al. *Society for Industrial & Applied Mathematics*. SIAM, Philadelphia, 2002.
3. Vehicle routing / J.F. Cordeau et al.; ed. by C. Barnhart, G. Laporte. *Transportation. Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2007. Vol. 14. P. 367–428.
4. The Traveling Salesman Problem – A Guided Tour of Combinatorial Optimization / E.L. Lawler et al. Wiley, Chichester, 1985. 476 p.
5. Gutin G., Punnen A.P. The Traveling Salesman Problem and Its Variations. Kluwer, Boston, 2007. 41 p.
6. Ball M., Magazine M. Sequencing of insertions in printed circuit board assembly. *Operations Research*. 1988. Vol. 36, No. 2. P. 192–201.
7. Routing of straddle carriers at a container terminal with the special aspect of internal moves / D. Steenken et al. *OR Spektrum*. 1993. Vol. 15. P. 167–172.
8. Desrochers M., Lenstra J.K., Savelsbergh M.W.P. A classification scheme for vehicle routing and scheduling problems. *European Journal of Operational Research*. 1990. Vol. 46, No. 3. P. 322–332.
9. Maritime transportation / M. Christiansen et al.; ed. by C. Barnhart, G. Laporte. *Handbooks in Operations Research and Management Science*. Amsterdam, 2007. P. 189–284.
10. Christiansen M., Nygreen B. Robust inventory ship routing by column generation / ed. by G. Desaulniers, J. Desrosiers, M.M. Solomon. Springer (US), 2005. P. 197–224.
11. Crainic T.G., Kim K.H. Intermodal transportation / ed by C. Barnhart, G. Laporte. *Transportation. Handbooks in Operations Research and Management Science*. 2007. P. 467–537.
12. Fagerholt K., Christiansen M. A travelling salesman problem with allocation, time window and precedence constraints – an application to ship scheduling. *International Transactions in Operational Research*. 2000. Vol. 7. P. 231–244.
13. Gunnarsson H., Ronnqvist M., Carlsson D. A combined terminal location and ship routing problem. *Journal of the Operational Research Society*. 2006. Vol. 57. P. 928–938.
14. Hsu C.I., Hsieh Y.P. Routing, ship size, and sailing frequency decisionmaking for a maritime hub-and-spoke container network. *Mathematical and Computer Modelling*. 2007. Vol. 45. P. 899–916.
15. The container shipping network design problem with empty container repositioning / K. Shintani et al. *Transportation Research-E*. 2007. Vol. 43. P. 39–59.

Voichenko T.O., Trofymenko I.V., Shevchenko A.P., Riashchenko O.I.

ANALYSIS OF RESEARCH DIRECTIONS ON VEHICLE ROUTING IN THE OPERATION OF CONTAINER TERMINALS OF SEAPORTS

The aim of the article is to analyze the directions of research on vehicle routing in the operation of container terminals of seaports. This goal is achieved by analyzing the sources of information on the general tasks of vehicle routing and the problems associated with them, as well as the processes related to routing and planning at container terminals. It is established that the set of processes related to routing and planning at container terminals includes the process of planning (allocation) of the berth, the process of planning (allocation) of the berth crane and the process of stacking planning (placement of vehicles under cranes and transportation of cranes). It is proved that various problems related to operations at container terminals can arise as vehicle routing problems. In this regard, the article reviews a significant amount of theoretical and practical research on the importance of optimizing logistics operations at container terminals of seaports. It is determined that due to the specific characteristics of container terminals, standard theoretical models often require adjustments in practice. It is also noted that investment and operating costs for ships and port equipment are very high, and competition between container terminals is growing, forcing operators to reduce unproductive downtime in the port. The most significant result is a critical analysis of the disadvantages and advantages of possible approaches to vehicle routing in the operation of container terminals in seaports. A further direction of work is to conduct research on the use of intelligent vehicle routing and scheduling mechanisms that will allow for the economical use of expensive equipment and space. The analysis of existing research areas has shown that the competitiveness of the terminal also includes issues of coastal operations and internal logistics, as well as land operations, transport links and routing in general.

Key words: seaport, ship, container terminal, routing, crane, berth, vehicle