

УДК 621.798

Б.П. Валецький, О.В.Валецька*Луцький національний технічний університет, Україна***ИНТЕЛЕКТУАЛЬНИ СКЛАДИ-ТЕРМИНАЛИ**

У статті описаний автоматизований вантажний склад - термінал, представлені його основні функціональні елементи, архітектура і відповідні інформаційні структури, ідеї функціонування та управління транзитними вантажами. Розглянуто нові можливості підвищення ефективності його роботи на основі використання інтелектуальних роботів та принципи організації їх діяльності.

Ключові слова: упаковка, вантаж, контейнер, автоматизований вантажний термінал, зони прибуття і відправлення, диспетчер, координатор, робот.

*Рис. 2. Літ. 6.***Б.П. Валецкий, О.В. Валецкая****ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СКЛАДЫ-ТЕРМИНАЛЫ**

В статье описан автоматизированный грузовой склад - терминал, представлены его основные функциональные элементы, архитектура и соответствующие информационные структуры, идеи функционирования и управления транзитными грузами. Рассмотрены новые возможности повышения эффективности его работы на основе использования интеллектуальных роботов, принципы организации их деятельности. В работе склада и его роботов используются сигналы диспетчера об изменении текущего состояния, например, сигналы о завершении операции разгрузки контейнера или его загрузки, приема блоков на склад или выдачи со склада и другие.

Ключевые слова: упаковка, груз, контейнер, автоматизированный грузовой терминал, зоны прибытия и отправления, диспетчер, координатор, робот.

B. Valetsky, O.Valetska**INTELLECTUAL CARGO TERMINALS**

The article describes an automated cargo terminal, presented its basic functional elements, architecture and structure of the relevant information, ideas, functioning and management of transit cargo. Opportunities to improve its efficiency through the use of intelligent robots, principles of their activities are considered. In the warehouse and its robots, controller signals are used to change the current status, for example, signals of completion of the unloading operation of the container or its load receiving units to the warehouse or distribution from a warehouse and others.

Keywords: Package, cargo, container, automated cargo terminal, arrival area and departure manager, controller, coordinator, robot.

Особливістю сучасних інформаційних систем є те, що системи здатні самостійно приймати рішення в тих чи інших складних або навіть критичних ситуаціях. Відповідальність за ці рішення, які не були спочатку закладені в алгоритми автоматизованого управління або прийняття ключових рішень, можна доручити інтелектуальним механізмам. У даній статті розглядається можливість використання інтелектуальних механізмів на автоматизованих складах для обробки вхідних замовлень на розвантаження / завантаження контейнерів з різногабаритними об'єктами у вигляді 3-D блоків, а також реалізації черговості розвантаження / завантаження на основі багатокритеріальної задачі [1].

Автоматичні склади являють собою комбінацію обладнання та керуючих систем для зберігання, переміщення та обробки вантажів з високою точністю і швидкістю. Повністю інтегровані у виробничий процес автоматизовані системи можуть включати в себе автоматичне або напівавтоматичне обладнання, використовувати автоматичне або ручне управління.

Проблеми ефективного управління роботою складу пов'язані з вирішенням наступних оптимізаційних завдань:

- ✓ тривимірне пакування різногабаритних вантажів - завантаження контейнера;
- ✓ тривимірне розпакування різногабаритних пакувань (вивантаження блоків з контейнера);
- ✓ визначення порядку розвантаження прибулих контейнерів;
- ✓ визначення порядку завантаження вільних (порожніх) контейнерів;
- ✓ управління запасами на складі.

Опис автоматизованого вантажного терміналу (АВТ). В укрупненому представленні автоматизований склад включає в себе 4 функціональні частини:

- ✓ зона прибуття вантажів;

- ✓ зона тимчасового зберігання вантажів;
- ✓ зона відправлення вантажів;
- ✓ диспетчерська.

При детальному розгляді процесу функціонування складу можна виділити наступні елементи його опису:

1) блоки (вантажі) – подаються у вигляді тривимірних об'єктів – різногабаритних прямокутних паралелепіпедів, що характеризуються унікальною трійкою атрибутів – габаритних розмірів [2], в яких знаходяться товари, що підлягають транспортуванню;

2) склад – місце, де забезпечується зберігання та облік блоків, що прибули, які очікують розвантаження або завантаження та блоки в стані проміжного зберігання;

3) зона прибуття, очікування і розвантаження контейнерів (U), на якій контейнери що прийшли розвантажуються, а блоки, що знаходяться в них переходять на тимчасове зберігання на склад. Вона характеризується максимальним числом контейнерів k , які можуть розвантажуватися одночасно;

4) зона відвантаження, очікування завантаження і завантаження контейнерів (L), на якій порожні контейнери завантажуються і з якою контейнери відправляються їх замовникам. Вона характеризується максимальним числом контейнерів r , які можуть завантажуватися одночасно;

5) контейнер – ємність у вигляді паралелепіпеда, призначена для перевезення блоків;

6) транспорт з контейнерами - безліч одиниць пересувної вантажної техніки, призначеної для переміщення контейнерів;

7) список очікування розвантаження (WU) - список з непорожніх контейнерів, що містять набір блоків, які знаходяться на території складу або за цого межами, які очікують розвантаження;

8) список очікування прибуття на АВТ окремих блоків (I). Всі списки кількісних і якісних складів контейнерів включаються в даний список і постійно актуалізуються при розвантаженні і завантаженні контейнерів;

9) список очікування завантаження (WL) - список з порожніх контейнерів, які очікують завантаження і знаходяться на території АВТ або за її межами. Якщо контейнер ще не прибув на термінал, то він позначається атрибутом «неприбуття», який прибув, але ще не розвантажений контейнер - атрибутом «Не розвантажений»;

10) робот-координатор (AC), який здійснює координацію діяльності інших механізмів і приймає рішення про вибір наступних контейнерів на розвантаження і завантаження;

11) робот розвантаження (AU), що обробляє прибувають контейнери і займається постановкою їх у список очікування розвантаження (WU), а також вибором чергового контейнера на розвантаження на підставі вимог з розвантаження контейнерів і вимог робота-координатора (AC);

12) робот завантаження (AL), що обробляє надходять замовлення на завантаження контейнерів і виконує вибір чергового контейнера на завантаження зі списку очікування завантаження (WL) на підставі вимог по завантаженню контейнерів і вимог робота-координатора (AC);

13) робот складу (AW) контролює все знаходяться на складі товари, а також товари, що знаходяться в списку на розвантаження (WU). Завчасно повідомляє робота-координатора про наявність дефіцитних товарів;

14) Диспетчер - один або кілька працівників, які займаються своєчасним введенням актуальних даних про стани об'єктів на вантажному терміналі в систему, таких як:

- ✓ фіксація нових станів списків на завантаження / розвантаження;
- ✓ введення оперативних даних про відправку ззовні контейнерів на АВТ;
- ✓ прибуття контейнера на розвантаження / завантаження;
- ✓ початок розвантаження / завантаження контейнера;
- ✓ завершення розвантаження / завантаження контейнера;
- ✓ відправка контейнера з АВТ замовнику.

Узагальнена схема вантажного терміналу представлена на рис. 1.

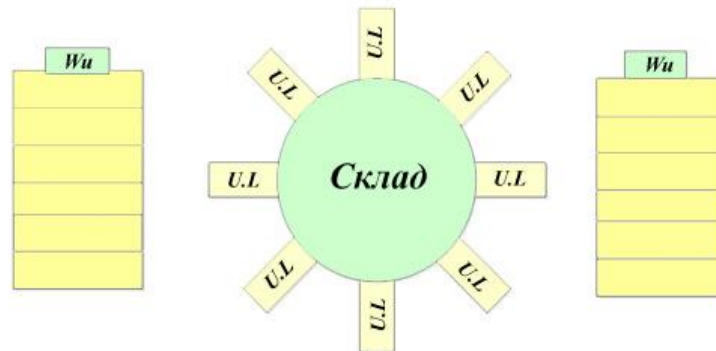


Рис. 1. Узагальнена схема вантажного складу-терміналу

При відправці завантаженого контейнера від постачальника на термінал з групами блоків, даний контейнер диспетчером поміщається в список очікування розвантаження (WU). Разом з контейнером передається його план завантаження (реалізований), що представляє собою послідовність заповнення контейнера блоками по кроках, а також список, що містить кількісний і якісний склад завантажених в контейнер блоків. План розвантаження контейнера автоматично будується на терміналі як зворотна послідовність щодо досконалої завантаження [2]. При відсутності плану, новий план завантаження контейнера створюється на основі алгоритмів тривимірної упаковки, описаних в [3]. План розвантаження використовується роботом AU для точного опису кількісного складу товарів в контейнері, а також для визначення часу, необхідного для його розвантаження.

Після прибуття контейнера, диспетчер подає сигнал про прибуття контейнера, і з контейнера негайно знімається атрибут «неприбуття».

Після розвантаження порожній контейнер, якщо він бере участь у подальших операціях (завантаження й відправлення), переміщується в список очікування завантаження (WL), інакше-залишає АВТ і видаляється з усіх списків.

З зоною розвантаження пов'язані наступні списки:

- ✓ список очікування розвантаження (WU), в який поміщаються всі контейнери, підлягають розвантаженню. У нього потрапляють контейнери, відправлені на термінал, але ще не прибули, з атрибутом «неприбуття». З прибулих контейнерів атрибут «неприбуття» знімається;
- ✓ список очікування прибуття окремих блоків (I).

Зі складом пов'язані наступні списки:

- ✓ список наявності блоків на складі;
- ✓ список дефіцитних блоків, потрібних в зоні завантаження, але поки відсутніх на складі.

З зоною завантаження пов'язані наступні списки:

- ✓ список очікування контейнерів під завантаження (WL);
- ✓ список блоків кожного контейнера, необхідних для початку його завантаження.

Інтелектуальні роботи. У загальному випадку робот - обчислювальна система, поміщена в зовнішнє середовище, здатна взаємодіяти з нею, здійснюючи автономні раціональні дії для досягнення певних цілей. Однак дане визначення не виділяє явно властивості інтелектуального робота. Зазвичай вважається, що інтелектуальний робот повинен мати властивості [3, 5]:

- ✓ реактивність – здатність відчувати зовнішнє середовище і реагувати на зміни в ній, здійснюючи дії, спрямовані на досягнення мети;
- ✓ проактивність – здатність показувати кероване цілями поведінку, проявляючи ініціативу, здійснюючи дії, спрямовані на досягнення мети;
- ✓ соціальність – здатність взаємодіяти з іншими середовищами для досягнення мети.

На АВТ використовуються інтелектуальні роботи, що відповідають за черговість обробки контейнерів зі списків розвантаження і завантаження. Робот AU відповідає за список очікування розвантаження (WU), робот AL- за список завантаження (WL), за діяльність складу відповідає робот складу AW. Діяльність механізмів AU, AL, AW контролює і координує робот-координатор

АС. Роботи нижнього рівня AU, AL, AW не взаємодіють один з одним безпосередньо, їх взаємодія здійснюється за допомогою відправки повідомлень роботу-координатору АС.

Функції механізмів:

- 1) контроль розвантаження контейнерів у строк відповідно до вимог постачальника;
- 2) контроль завантаження та відправки контейнерів з терміналу в строк відповідно до вимог замовника;
- 3) контроль наявності на складі АВТ достатньої кількості блоків необхідних типів для здійснення кроків 1 і 2;
- 4) побудова плану завантаження / розвантаження контейнерів (за відсутності таких планів).

Вибором наступного контейнера для розвантаження / завантаження займається робота-координатор АС в кооперації з механізмами AU, AL, AW. При виборі контейнера на розвантаження використовуються наступні критерії QU:

- ✓ швидкість псування продукту в блоці. Контейнери, що містять блоки з товарами які швидко псуються, будуть обслуговуватися швидше;
- ✓ вимога даного блоку в зоні відправлення L;
- ✓ пріоритети блоків у контейнері-інтегральна характеристика, спрямована на прискорення обслуговування даного контейнера;
- ✓ мінімізація загального часу перебування контейнера на АВТ;
- ✓ наявність дефіциту блоків певного типу на складі.

При виборі чергового контейнера на завантаження роботом АС використовуються наступні критерії QL:

- ✓ вимога відправки контейнера певного замовнику до конкретного моменту часу;
- ✓ швидкість псування продукту в блоці. Контейнери, що містять блоки з товарами, що швидко псуються, будуть обслуговуватися швидше;
- ✓ пріоритети блоків, які підлягають завантаженню - інтегральна характеристика, спрямована на прискорення завантаження «затриманого» контейнера;
- ✓ загальний час знаходження контейнера на АВТ.

Описані роботи і їх поведінка володіють всіма трьома згаданими властивостями інтелектуальних механізмів [6]:

- ✓ реактивність і проактивність – роботи реагують на зміни в зовнішньому середовищі за допомогою зміни послідовності завантаження / розвантаження контейнерів;
- ✓ соціальність – роботи взаємодіють між собою, забезпечуючи найкращу послідовність

обробки списків з їх точки зору, а також взаємодіють з диспетчером, який вносить інформацію в систему і свої побажання.

Принципи організації діяльності механізмів наступні:

1. На вхід механізмів AU, AL (рис. 2) надходить інформація про критерії QU і QL.

2. На вхід механізмів надходить інформація про списки контейнерів і списках блоків, спрямованих на розвантаження / завантаження.

3. На вхід робота-координатора АС надходить інформація про стан вибору наступного контейнера від механізмів AU і AL, а також склад блоків на складі від робота AW.

4. На вхід робота-координатора надходять негайні

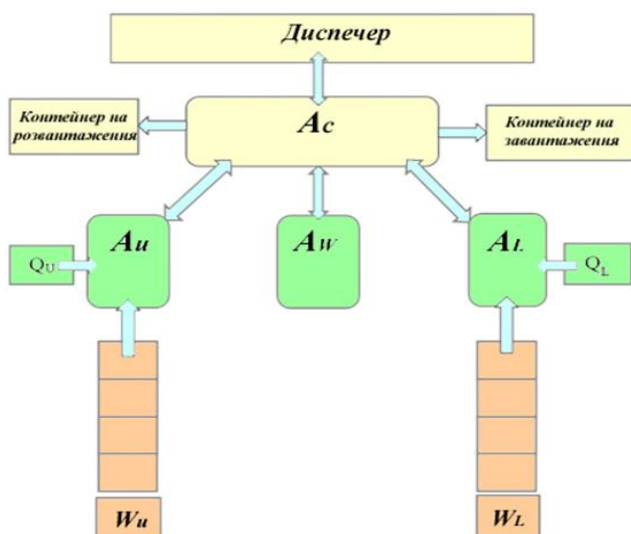


Рис. 2. Принципи організації діяльності механізмів

оперативні вимоги диспетчера.

5. На основі інформації, що надійшла про вимоги блоків на завантаження від AL, наявності блоків від AW, наявності блоків від AU, а також вимог диспетчера, робот координатор приймає рішення, про те які контейнери підлягають переміщенню зі списків очікування на розвантаження (WU) або завантаження (WL).

Ключовим моментом організації моделі АВТ є використання сигналів диспетчера про завершення різних операцій. Всі роботи включаються в роботу за сигналами диспетчера про зміну поточного стану АВТ, в списках контейнерів на завантаження і розвантаження, а також зміни стану контейнерів в зонах розвантаження (U) чи завантаження (L).

За сигналом про завершення операції розвантаження або завантаження контейнера відбувається вибір наступного контейнера зі списку розвантаження / завантаження. Обраний контейнер перекладається у відповідну зону для розвантаження або завантаження, а диспетчер передає сигнал про переміщення контейнера роботу-координатору АС.

Висновок. Використання інтелектуальних механізмів в роботі вантажного терміналу дозволяє автоматизувати підтримку процесів прийняття керуючих рішень людиною-диспетчером або групою диспетчерів на АВТ з координацією дій останніх.

Розглянутий варіант організації АВТ може знайти застосування в терміналах з багатьма майданчиками (платформами) як для розвантаження, так і для завантаження контейнерів.

Він дозволяє врахувати:

- ✓ все прибувають на склад блоки з відстеженням як надлишку, так і дефіциту блоків окремих типів;
- ✓ можливості розпаралелювання розвантаження / завантаження контейнерів;
- ✓ можливості включення деякого числа блоків в укрупнений блок – палету. Для утворення оптимальних палет може використовуватися алгоритм тривимірної упаковки блоків [2]. Далі на АВТ палета обробляється на правах звичайного блоку, що має інтегральні (загальні, сумарні) характеристики;
- ✓ наявність блоків (вантажів) різних термінів придатності, в тому числі представляють швидкопсувні продовольчі товари.

1. Berghman L., Leus R.F., Spieksma C.R. Optimal solutions for a dock assignment problem with trailer transportation, 2010.

2. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Трехмерная упаковка прямоугольных объектов с определением последовательности их погрузки // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным системам «IS-IT'11». Научное издание в 4-х томах. Т. 3. – М.: Физматлит, 2011. – С. 285-291.

3. Нужнов Е.В., Барлит А.В. Трехмерная упаковка на основе эвристических процедур // Известия ТРТУ. – 2002. – №3 (26). – С. 95-101.

4. Wooldridge M.J. Intelligent Agents // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27-79.

5. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 312 с.

6. Кныш Д.С., Курейчик В.М. Проблемы, обзор и параллельные генетические алгоритмы: состояние // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – №4. – С. 72-82.

Стаття прийнята до друку 25.03.2015.