АЛГОРИТМ ПОЗИЦІЮВАННЯ СТІЛИ І СПРЕДЕРА ДЛЯ ПАЛУБНИХ КРАНІВ**А. І. Шестака**

Національний університет "Одеська Морська Академія"

вул. Дідріхсона, 8, Одеса, 65029, Україна. E-mail: a.shestaka@gmail.com

Л. В. Мельнікова

Одеський національний політехнічний університет

просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна. E-mail: lubov.v.melnikova@gmail.com

Розглянута робота невеликих контейнеровозів (фідерів), що проводять операцію самовивантаження контейнерів за допомогою власних палубних кранів з поворотними спредерами, які дозволяють здійснювати поворот вантажозахватної рами в горизонтальній площині для точної посадки на контейнер. Аналіз режимів роботи палубного крана при обробці контейнерів, показав, що суттєве скорочення часу робочих операцій є можливим при усуненні операції позиціонування спредера над центром наступного контейнера, що буде вивантажуватись з палуби. Така операція досить часто потребує участі допоміжного персоналу, який корегує точну посадку спредера на контейнер, особливо у випадках, коли обробляється контейнер нижнього яруса в останньому від колони крана ряду, який до того ж може бути закритим для візуального контролю з боку оператора контейнерами вищих ярусів ближніх рядів. Такі дії, що вимушено мають повторюватися майже для кожного контейнера, по суті є нетехнологічними і займають досить великий час, який можна порівняти з часом вантажно-розвантажувальних операцій в цілому. В роботі зроблено деякі пропозиції щодо автоматизації технологічних операцій вивантаження контейнерів з палуби у вигляді алгоритму роботи палубного крана за номером контейнера, що обробляється. Розробка такого алгоритму потребує запису основних співвідношень для перетворення планарної системи координат схеми розміщення контейнерів на палубі судна до полярної системи координат керування механізмами повороту і виліту стріли палубного крана. На підставі розрахунків позицій стріли і спредера був обґрунтований, розроблений і запропонований алгоритм приведення координат контейнерів до завдань приводів повороту і виліту стріли палубного крана. Це забезпечує: усунення людського фактора, зниження часу технологічного процесу, підвищення продуктивності операцій і скорочення часу стоянки судна в порту.

Ключові слова: палубний кран, спредер, контейнер, алгоритм, позиціонування.**АЛГОРИТМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СТРЕЛЫ И СПРЕДЕРА ДЛЯ ПАЛУБНЫХ КРАНОВ****А. И. Шестака**

Национальный университет "Одесская морская академия"

ул. Дидрихсона, 8, Одесса, 65029, Украина. E-mail: a.shestaka@gmail.com

Л. В. Мельникова

Одесский национальный политехнический университет

просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина. E-mail: lubov.v.melnikova@gmail.com

Рассмотрена работа небольших контейнеровозов (фидеров), которые проводят операцию самовыгрузки контейнеров с помощью собственных палубных кранов с поворотными спредерами, которые позволяют осуществлять поворот грузозахватной рамы в горизонтальной плоскости для точной посадки на контейнер. Анализ режимов работы палубного крана при обработке контейнеров, показал, что существенное сокращение времени рабочих операций возможно при устранении операции позиционирования спредера над центром следующего контейнера, который будет выгружаться с палубы. Такая операция довольно часто требует участия вспомогательного персонала, корректирующего точную посадку спредера на контейнер, особенно в случаях, когда обрабатывается контейнер нижнего яруса в последнем от колонны крана ряда, который к тому же может быть закрытым для визуального контроля со стороны оператора контейнерами вышних ярусов ближних рядов. Такие действия, вынужденно повторяющиеся почти для каждого контейнера, по сути являются нетехнологичными и занимают достаточно большое время, сравнимое со временем погрузочно-разгрузочных операций в целом. В работе сделаны некоторые предложения по автоматизации технологических операций выгрузки контейнеров с палубы в виде алгоритма работы палубного крана по номеру контейнера, который обрабатывается. Разработка такого алгоритма требует записи основных соотношений для преобразования планарной системы координат схемы размещения контейнеров на палубе судна к полярной системе координат управления механизмами поворота и вылета стрелы палубного крана. На основании расчетов позиций стрелы и спредера был обоснован, разработан и предложен алгоритм приведения координат контейнеров к заданиям приводов поворота и вылета стрелы палубного крана. Это обеспечивает: устранение человеческого фактора, снижение времени технологического процесса, повышение производительности операций и сокращения времени стоянки судна в порту.

Ключевые слова: палубный кран, спредер, контейнер, алгоритм, позиционирование.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Протягом близько десяти останніх років спостерігається сталий загальний тренд зростання морських контейнерних перевозок [1]. При цьому треба зазначити, що в порівнянні із збільшенням перевозок океанськими контейнеровозами великої місткості (порядку 10000 TEU), які оброблюються в портових контейнерних терміналах, постійний і більш динамічний зріст близько 5 % щороку [2] демонструється в галузі морських та річкових контейнерних перевозок невеликими (до 4000 TEU) контейнеровозами (фідерами) на невеликі відстані від основного порту розвантаження океанського контейнеровоза до місцевих портів призначення вантажу (рис. 1,а).

Оскільки такі місцеві порти не завжди в достатній мірі укомплектовані причальними контейнерними кранами і, крім того, вивантаження малих об'ємів не є раціональною задачею для контейнерних терміналів [3], судна-фідери проводять операцію самовивантаження контейнерів за допомогою власних [4] палубних кранів (рис. 1,б).

Для роботи з контейнерами палубні крани мають бути оснащені спеціальними вантажозахватними пристроями (спредерами) [5]. Оптимальним для використання в таких операціях є спредер з ротатором [6], який дозволяє здійснювати поворот вантажозахватної рами (і порожньої, і разом з контейнером) в горизонтальній площині для точної посадки на контейнер. Сучасні ротатори [7] дозволяють здійснювати поворот контейнера в межах від -185° до $+95^{\circ}$ (рис. 2).

Спредери взагалі і спредери з ротатором оснащені керуючими системами [8], які містять в собі зокрема програмований логічний контролер (PLC), панель оператора (Human Machine Interface, HMI) та комунікативний інтерфейс на основі протоколу CAN Open в стандартній комплектації [9]. Для спредерів одного з провідних виробників Bromma така система (Spreader Control System SCS⁴©) оперує з даними про поточний стан всіх

сенсорів і механізмів спредера, дозволяє сканувати та розпізнавати номер контейнера, передає дані в систему керування краном, а також збирає статистичну інформацію з подальшою передачею її через Інтернет [10].

Система керування палубним краном аналогічним чином оперує в реальному часі з повним масивом даних від сенсорів і механізмів крана. За ієрархією вона, зрозуміло, знаходиться вище системи керування спредером.

Метою роботи є розробка алгоритмів роботи палубного крана з поворотним спредером в напівавтоматичному режимі з метою оптимізації завантажувально-розвантажувальних операцій та скорочення часу стоянки судна в порту і усунення людського фактора.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Аналіз режимів роботи палубного крана при обробці контейнерів, показав, що суттєве скорочення часу робочих операцій є можливим при усуненні операції позиціонування спредера над центром наступного контейнера, що буде вивантажуватись з палуби. Ця операція досить часто потребує участі допоміжного персоналу, який корегує точну посадку спредера на контейнер, особливо у випадках, коли обробляється контейнер нижнього яруса в останньому від колони крана ряду, який до того ж може бути закритим для візуального контролю з боку оператора контейнерами вищих ярусів ближніх рядів. Такі дії, що вимушено мають повторюватися майже для кожного контейнера, по суті є нетехнологічними і займають досить великий час, який можна порівняти з часом вантажно-розвантажувальних операцій в цілому.

В роботі зроблено пропозиції щодо автоматизації технологічних операцій вивантаження контейнерів з палуби у вигляді алгоритму роботи палубного крана з розрахунком координат контейнерів і приведення цих координат до завдань приводів повороту і виліту стріли палубного крана.

а)

б)

Рисунок 1 – Фідер в акваторії порту (а) і на самовивантаженні (б) біля причалу

а)

б)

Рисунок 2 – Спредер Bromma з ротатором SRG (а), поворотний спредер в роботі з тиловим краном (б)

Розробка такого алгоритму потребує запису основних співвідношень для перетворення планарної системи координат схеми розміщення контейнерів на палубі судна до полярної системи координат керування механізмами повороту і виліту стріли палубного крана.

Розробка алгоритму позиціонування стріли крана і спредера

Як це добре видно з рис. 1, розстановка контейнерів на палубі виконується довгою стороною вздовж продольної осі судна. При цьому між бортами зазвичай розміщується непарне число контейнерів, тобто центральний контейнер знаходиться точно вздовж осі судна. Проекція геометричного центра цього контейнера і проекції центрів колон палубних кранів також розміщені на поздовжній осі судна. Це значить, що вісь

центрального контейнера співпадає з віссю стріли крана, яка знаходиться в "середньому" (нульовому, парковочному) положенні. Таке взаємне розташування крана і контейнерів дозволяє запропонувати досить простий алгоритм автоматизації задач позиціонування стріли крана над геометричним центром контейнера і повороту спредера з метою його точної орієнтації по сторонам та кутам контейнера, що обробляється.

Як видно зі схеми розвантаження розміщених на палубі контейнерів палубним краном (рис. 3) задача позиціонування стріли і спредера потребує:

- 1) точного розміщення кінця стріли над геометричним центром контейнера;
- 2) повороту спредера до співпадіння його сторін і кутів із сторонами і кутами контейнера.

Рисунок 3 – Схема розвантаження контейнерів палубним краном

Суттєвим моментом у вирішенні цих підзадач є те, що положення контейнерів задається в декартовій системі координат, прив'язаній до площини палуби із збігом однієї зі своїх осей з поздовжньою віссю судна, а кран оперує полярною системою координат "виліт і кут повороту стріли". Тому для вирішення завдання позиціонування спредера над контейнером, що вивантажується, потрібно забезпечити прямий та зворотній переходи від декартових до кутових координат.

Розглянемо послідовність потрібних дій спочатку на прикладі з одним рядом контейнерів (рис. 3). Для виконання цієї операції буде потрібно попередня "прив'язка" двох систем координат, яка може бути виконана так:

– стріла повинна бути розташована над середнім контейнером першого ряду (рис. 3) таким чином, щоб центр спредера збігався з центром контейнера.

Дані про цей початковий виліт стріли L_0 і про початковий кут повороту α_0 записуються в пам'ять PLC. Маючи ці початкові координати легко можна визначити координати центрів всіх контейнерів і в першому, і в наступних рядах, користуючись наступними константами:

i – кількість контейнерів в ряду;

I_0 – номер контейнера в ряду, по центру якого виконувалася прив'язка систем координат (рахунок контейнерів в ряду ведеться послідовно зліва направо, починаючи з одиниці), тут і надалі в якості "прив'язки" обирається середній контейнер першого ряду, оскільки він розташований практично на поздовжній осі судна посередині між бортами;

Δl – довжина проміжку між центрами контейнерів по ширині.

Очевидно,

$$\Delta l = l_c + l_i, \quad (1)$$

де l_c – ширина контейнера, l_i – інтервал між контейнерами по ширині.

За цими даними (L_0 , α_0) з використанням перерахованих констант може бути автоматично визначено виліт стріли (тобто, довжину проекції стріли на горизонтальну площину) L_i і кут повороту α_i для i -го контейнера в ряду (рис. 3):

$$L_i = \sqrt{L_0^2 + [(i - I_0) \cdot \Delta l]^2}; \quad (2)$$

$$\alpha_i = \arctg \frac{(i - I_0) \cdot \Delta l}{L_0}. \quad (3)$$

Знак результату співвідношення (3) визначає кут повороту щодо початкового стану з α_0 :

"–" – поворот вліво від початкового положення;

"+" – поворот вправо від початкового положення.

При цьому початковий виліт стріли для першого ряду становить:

$$L_{01} = L_j \cos \beta_1, \quad (4)$$

Де L_j – довжина стріли; β_1 – початковий кут виліту стріли для першого ряду.

Очевидно, для середнього контейнера n -го ряду, де $n = 1, 2, 3 \dots$

$$\beta_n = \beta_1 - \Delta \beta_n. \quad (5)$$

Від'ємне приращення кута виліту стріли $\Delta \beta$ в свою чергу для середнього контейнера n -го ряду може бути визначене як:

$$\Delta \beta_n = \arccos \frac{L_0 + \Delta L(n-1)}{L_j}, \quad (6)$$

де відстань між центрами контейнерів по глибині:

$$\Delta L = L_c + L_d, \quad (7)$$

де, в свою чергу:

L_c – довжина контейнера;

L_d – дистанція між контейнерами по довжині.

Штатна система керування краном оперує даними енкодерів поточних значень кута повороту α і кута виліту стріли β . Тому в системі автоматичного керування буде раціональним формувати завдання для цих координат, використовуючи дані енкодерів в якості зворотнього зв'язку для точного позиціонування стріли по центру i -го контейнера в n -ному ряду.

Для цього потрібно буде перейти від декартової системи координат, якими визначається позиція n -го контейнера відповідно по довжині та по ширині судна до полярної системи координат, де позиція n -го контейнера визначається через кути повороту α і виліту β стріли довжиною L_j .

Розглянемо порядок таких перетворень для визначення кута повороту α за допомогою рис. 4.

Спочатку виявимо прості алгоритми визначення позиції n -го контейнера в системі координат (yx). Очевидно, наприклад, для 13-го контейнера (тут і далі "13" є не порядковим номером контейнера, а номером позиції контейнера: $n = 1, i = 3$):

$$\begin{aligned} x_{13} &= 0; \\ y_{13} &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Для 11-го контейнера:

$$\begin{aligned} x_{11} &= x_{13} - 2 \cdot \Delta l = -2 \cdot \Delta l; \\ y_{11} &= y_{13} = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Для 25-го контейнера:

$$\begin{aligned} x_{25} &= x_{23} + 2 \cdot \Delta l = x_{13} + 2 \cdot \Delta l = 2 \cdot \Delta l; \\ y_{25} &= y_{23} = y_{13} + \Delta L = \Delta L. \end{aligned} \quad (10)$$

Для 32-го контейнера:

$$\begin{aligned} x_{32} &= x_{33} - \Delta l = x_{13} - \Delta l = -\Delta l; \\ y_{32} &= y_{33} = y_{13} + 2 \cdot \Delta L = 2 \cdot \Delta L. \end{aligned} \quad (11)$$

Тобто, координати x_{ni} , y_{ni} будь-якого контейнера можна визначити через n , i , Δl та ΔL . Для нашого прикладу з п'ятьма контейнерами в ряду і нульовою позицією на середньому контейнері першого ряду:

$$\begin{aligned} x_{ni} &= (i-3) \cdot \Delta l; \\ y_{ni} &= (n-1) \cdot \Delta L. \end{aligned} \quad (12)$$

 Рисунок 4 – Визначення кута повороту α_{ni} через позицію n_i -го контейнера

Кут повороту стріли α_{li} для i -го контейнера першого ряду визначається як (рис. 4):

$$\alpha_{li} = \arctg \frac{x_{li}}{L_0} = \arctg \frac{(i-3) \cdot \Delta l}{L_0} \quad (13)$$

де $L_0 = L_j \cdot \cos \beta_{13}$ – початковий виліт стріли для першого ряду, а $\beta_{13} = \beta_0$ – початковий кут виліту стріли для першого ряду (рис. 5).

Тоді:

$$\alpha_{li} = \arctg \frac{x_{li}}{L_0} = \arctg \frac{(i-3) \cdot \Delta l}{L_j \cdot \cos \beta_{13}} \quad (14)$$

Для другого ($n=2$) і третього ($n=3$) рядів – відповідно:

$$\alpha_{2i} = \arctg \frac{x_{2i}}{L_0 + \Delta L} = \arctg \frac{(i-3) \cdot \Delta l}{L_0 + \Delta L}; \quad (15)$$

$$\alpha_{3i} = \arctg \frac{x_{3i}}{L_0 + 2 \cdot \Delta L} = \arctg \frac{(i-3) \cdot \Delta l}{L_0 + 2 \cdot \Delta L} \quad (16)$$

В загальному вигляді кут поворота стріли записується як:

$$\alpha_{ni} = \arctg \frac{x_{ni}}{L_0 + y_{ni}} = \arctg \frac{(i-3) \cdot \Delta l}{L_0 + (n-1) \cdot \Delta L} \quad (17)$$

Таким чином, кут повороту стріли α_{ni} залежить і від ряду контейнера n і від позиції i контейнера в ряду.

Так само, кут виліту стріли β_{ni} залежить і від n , і від i та являє собою (рис. 5) $\arccos$ відношення проекції L_{ni} стріли на горизонтальну площину до довжини стріли L_j і дорівнює нулю при горизонтальному положенні стріли:

$$\beta_{ni} = \arccos \frac{L_{ni}}{L_j} \quad (18)$$

 Рисунок 5 – Визначення початкового кута виліту стріли β_{n3} через позицію $n3$ -го контейнера

Як було зазначено вище, при початковому позиціюванні спредера над центром середнього ($n = 1, i = 3$) першого ряду в пам'ять PLC мають бути записані $\beta_{13} = \beta_0$ і початковий виліт:

$$L_{13} = L_j \cdot \cos \beta_{13} = L_0. \quad (19)$$

Очевидно, для другого і третього рядів:

$$L_{23} = L_j \cdot \cos \beta_{23} = L_0 + \Delta L; \quad (20)$$

$$L_{33} = L_j \cdot \cos \beta_{33} = L_0 + 2 \cdot \Delta L, \quad (21)$$

а для 3-го контейнера n -го ряду початковий виліт стріли становитиме:

$$L_{n3} = L_j \cdot \cos \beta_{n3} = L_0 + (n-1) \cdot \Delta L \quad (22)$$

Тоді проекція стріли для n -го контейнера буде визначена як (рис. 4):

$$L_{ni} = \sqrt{[(i-3) \cdot \Delta L]^2 + [L_0 + (n-1) \cdot \Delta L]^2}. \quad (23)$$

З урахуванням останнього виразу (18) буде мати вигляд:

$$\beta_{ni} = \arccos \frac{\sqrt{[(i-3) \cdot \Delta L]^2 + [L_0 + (n-1) \cdot \Delta L]^2}}{L_j}. \quad (24)$$

Таким чином, вирази (17) і (24) визначають просторові кутові координати α_{ni} і β_{ni} кінця стріли (центру спредера), проекція якого співпадає з центром ni -го контейнера, через L_j , ΔL , L_0 та номер (ni). Значення α_{ni} , β_{ni} використовуються в якості завдання для приводів повороту та виліту стріли відповідно і в автоматичному режимі може обчислюватися бортовим PLC крана та має вводиться у власну систему керування згідно до номеру (ni) контейнера, що буде вивантажуватись.

Від оператора при роботі в автоматичному режимі буде потрібно вручну ввести лише цей номер (ni). Важливо також зазначити, що на панелі оператора крана відображається саме виліт стріли (в метрах), що становить:

$$L_{ni} = L_j \cdot \cos \beta_{ni},$$

а не кут виліту стріли β_{ni} , який використовується для завдання привода механізму виліту стріли і обчислюється згідно до (24).

Як видно з рис. 3, після позиціювання центру спредера над ni -тим контейнером спредер потрібно буде автоматично повернути на кут α_{sni} . Поворот спредера матиме, очевидно, знак, протилежний знаку кута повороту стріли:

$$\alpha_{sni} = -\alpha_{ni} . \quad (25)$$

Раціонально буде прийняти $\alpha_{13} = \alpha_0 = 0$, оскільки початкове позиціонування виконувалось по центру середнього контейнера, а він, в свою чергу був завантажений по центру палуби за тієї ж умови ($\alpha_0 = 0$). L_0 і α_0 можуть бути отримані від відповідних енкодерів виліту стріли і кута повороту, якими оснащена система управління краном в базовій комплектації.

Завдання розрахунку α_{ni} і β_{ni} , як вже було зазначено вище, покладається на PLC крана, який до того ж передає завдання (25) в систему керування спредером.

Видача сигналів α_{ni} і β_{ni} , після відповідної ув'язки рівнів (масштабування) має проводитися

через блок цифро-аналогового перетворювача з дублюванням сигналів від джойстиків повороту і виліту стріли, а також від пульта керування поворотом спредера.

Блок схема запропонованого алгоритму наведена на рис. 6.

Алгоритм автоматизації палубного крану описується наступним чином:

1) введення даних про початкові значення L_0 , α_0 від відповідних енкодерів вильоту стріли і кута повороту. Ця операція виконується по команді "Ввести початкові значення", яку подає оператор;

2) введення оператором номера середнього (рахуючись зліва направо) контейнера N_0 , по якому виконується прив'язка координат;

3) переведення оператором систем керування поворотом спредера та механізмами повороту і вильоту стріли крана в режим AUTO Positioning. Після цього включаються дублюючі канали подачі сигналів α_{Sn} і L_{n2} паралельно відповідним лініям з виходів керуючих джойстиків спредера, повороту та вильоту стріли;

4) введения оператором номера n контейнера, який обробляється;

Рисунок 6 – Алгоритм автоматизації палубного крану

5) автоматичне виконання операцій позиціонування центра спредера над геометричним центром n -го контейнера механізмами вильоту стріли та повороту крана і автоматичне коригування спредера на потрібний кут механізмом повороту спредера;

6) ручна посадка спредера оператором на контейнер;

7) фіксація наявності сигналу про закриття твістлоків спредера, який інтерпретується програмою в якості першого сигналу подальшої операції вивантаження контейнера;

8) ручне вивантаження контейнера оператором і посадка контейнера на берег (платформу, інший борт);

9) фіксація наявності сигналу про розкриття твістлоків, який інтерпретується програмою в якості другого, кінцевого сигналу операції вивантаження контейнера;

10) перехід до точки вводу номера наступного контейнера, тобто, до початку наступного автоматичного циклу позиціонування;

11) за необхідності можлива ручна корекція положень кінця стріли і кута спредера по запиту оператора шляхом подачі сигналу "Manual Correction", наявність якого ініціює перехід до підпрограми ручного управління механізмами всередині автоматичного циклу. Кінцеві скориговані значення координат L_n , α_n і α_{Sn} надалі використовуються алгоритмом з метою компенсації накопленої похибки відповідних координат;

12) переведення оператором систем керування поворотом спредера та механізмами повороту і вильоту стріли крана з режиму AUTO Positioning в режим MANUAL ініціює перехід програми в вихідний стан з нульовими значеннями всіх координат.

ВИСНОВКИ. На основі попереднього аналізу технологічних операцій самовивантаження контейнерів був розроблений алгоритм напівавтоматичної роботи палубного крана за номером контейнера, який вивантажується. На підставі розрахунків просторових станів стріли і спредера був обґрунтований, розроблений і запропонований порядок приведення координат контейнерів до завдань приводів повороту і вильоту стріли палубного крана. Застосування цього алгоритму веде до підвищення інтенсивності робочих процесів та до скорочення часу вивантаження судна, що є актуальним з точки зору економічної ефективності контейнерних перевозок в цілому. Практична цінність пропозиції полягає в автоматизації технологічного процесу самовивантаження фідерних контейнеровозів, що доставляють вантажі до місцевих портів призначення на порівняно невеликих відстанях від основного порту, оскільки такі операції на сьогодні

потребують значного часу за участю не лише кваліфікованого оператора крана, але й допоміжного технічного персоналу. Використання алгоритму значно полегшує роботу оператора, який лише вводить в систему номер наступного контейнера, що підлягає обробці, та здійснює візуальний контроль за коректністю послідовності технологічних операцій. Процес позиціонування спредера над контейнером не потребує участі допоміжного персоналу. Таким чином забезпечуються: усунення людського фактора, зменшення тривалості процесу самовивантаження, підвищення продуктивності операцій, і – загалом – скорочення часу стоянки судна в порту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Costamare Inc. 2018 Annual Report. March 7, 2019. 212 p. URL: https://www.costamare.com/images/agm/2018_annual_report.pdf (дата звернення: 13.04.2020).
2. MPC Container Ships ASA. Annual Report 2019. March 23, 2020. 77 p. URL: <https://www.mpc-container.com/files/mfn/Public/17513/3066717/930ed5e2907ca631.pdf> (дата звернення: 13.04.2020).
3. Advances In Container Cranes Automation – Alojz Slutej, Fetah Kolonić – EDPE 2009. October 12-14, 2009. Dubrovnik, Croatia. URL: https://bib.irb.hr/datoteka/433807.Advances_In_Container_Cranes_Automation_CD.pdf (дата звернення: 13.04.2020).
4. MacGregor. Container Ships. URL: <https://www.macgregor.com/Products/merchant-cargo-and-passengers/container-ships/> (дата звернення: 13.04.2020).
5. Container ship cargo cranes operation and maintenance procedures. URL: <http://shipsbusiness.com/deck-cranes-for-containership.html> (дата звернення: 13.04.2020).
6. Bromma. SRG – Rotator for Yard and STS cranes. URL: <https://bromma.com/products/srg/> (дата звернення: 13.04.2020).
7. Bromma. SRG Rotator. Product Information. PI-SRG Rotator-en, Rev 00. Oct. 2015. 4 p. URL: <http://www.teclevage.fr/sites/default/files/2016-04/SRG%20Tete%20tournante.pdf> (дата звернення: 13.04.2020).
8. Bromma. Introduction to SCS2 – Bromma Services. March 2, 2015. URL: <https://prezi.com/c6szfgphfi-g/introduction-to-scs2/> (дата звернення: 13.04.2020).
9. CAN Newsletter: Hardware, Software, Tools, Engineering. 2 June 2018. 42 p. URL: <https://can-newsletter.org/magazine> (дата звернення: 13.04.2020).
10. Bromma. SCS4 Spreader Control System – PB-SCS4-EN-EU Original-75260. 12 p. URL: <https://cargotec.picturepark.com/Go/eC3vDXai/D/75260/1> (дата звернення: 13.04.2020).

JIB AND SPRADER POSITIONING ALGORITHM FOR DECK CRANES

A. Shestaka

National University "Odessa Maritime Academy"

vul. Didrikhsona, 8, Odessa, 65029, Ukraine. E-mail: a.shestaka@gmail.com

L. Melnikova

Odessa National Polytechnic University

prosp. Shevchenko, 1, Odessa, 65044, Ukraine. E-mail: lubov.v.melnikova@gmail.com

Purpose. The paper considers the work of small container vessels (feeders) fitted with cargo cranes, which will, on most occasions, be required to load/discharge containers using rotary spreaders. For example, the Bromma SRG rotator is specially designed to rotate the load 185° in one direction and 95° in the other direction for accurate landing on the container. Analysis of the operating modes of the deck crane during the handling of containers showed that a significant reduction in the time of work operations is possible by eliminating the operation of positioning the spreader over the next container center. This operation requires the participation of support staff, who adjusts the exact landing of the spreader on the container, especially in cases where lower tier container in the last from the crane column row is processed, which can also be closed for operator visual inspection by the containers higher tiers nearby rows. Such actions, which must to be repeated for almost every container, are essentially ineffective and non-technological and take a lot of time, which can be compared with the time of loading and unloading operations in general. **Results.** In the work some offers for containers discharge automation in the form of deck crane work algorithm depending on the container sequence number are made. The development of such an algorithm requires the recording of the basic relations for the transformation of the planar coordinate system of the layout of containers on the deck to the polar coordinate system control of mechanisms for deck crane jib slewing and luffing. **Methodology.** Based on the calculations of the jib and spreader positions was substantiated, developed and proposed an algorithm for bringing the coordinates of the containers to the tasks of the crane jib slewing and luffing drives. **Practical value.** This provides: elimination of the human factor, reducing the time of the technological process, increasing the productivity of operations and in general reducing the vessel processing time in the port. Figures 6, references 10.

Key words: deck crane, spreader, container, algorithm, positioning.

REFERENCES

1. (2019). Costamare Inc. 2018 Annual Report. Retrieved from: https://www.costamare.com/images/agm/2018_annual_report.pdf.
2. (2020). MPC Container Ships ASA. Annual Report 2019. Retrieved from: <https://www.mpc-container.com/files/mfn/Public/17513/3066717/930ed5e2907ca631.pdf>.
3. (2009). Advances In Container Cranes Automation – Alojz Slutej, Fetah Kolonić – EDPE 2009, October 12-14, Dubrovnik, Croatia. Retrieved from: https://bib.irb.hr/datoteka/433807.Advances_In_Container_Cranes_Automation_CD.pdf.
4. MacGregor. Container Ships. Retrieved from: <https://www.macgregor.com/Products/merchant-cargo-and-passengers/container-ships/>.
5. Container ship cargo cranes operation and maintenance procedures. Retrieved from: <http://shipsbusiness.com/deck-cranes-for-containership.html>.
6. Bromma. SRG – Rotator for Yard and STS cranes. Retrieved from: <https://bromma.com/products/srg/>
7. (2015). Bromma. SRG Rotator. Product Information. PI-SRG Rotator-en. Retrieved from: <http://www.tecleavage.fr/sites/default/files/2016-04/SRG%20Tete%20tournante.pdf>
8. (2015). Bromma. Introduction to SCS2 – Bromma Services. Retrieved from: <https://prezi.com/c6szfgphfi-g/introduction-to-scs2/>
9. (2018). CAN Newsletter: Hardware, Software, Tools, Engineering. Retrieved from: <https://can-newsletter.org/magazine>
10. Bromma. SCS4 Spreader Control System – PB-SCS4-EN-EU Original-75260. Retrieved from: <https://cargotec.picturepark.com/Go/eC3vDXai/D/75260/1>

Стаття надійшла 06.05.2020