

УДК 621.867.2

DOI: 10.15276/pidtt.2.63.2020.09

Ткачук К. В., Суглобов В. В.

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»

ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

***Анотація.** Розглянуті питання імітаційного моделювання портових машин та впровадження інтерактивних технологій у експериментальні дослідження портальних кранів. Досліджено характер переміщення вантажозахоплювального пристрою на різних етапах циклу роботи крана. Наведено результати апроксимації функції переміщення вантажу та її вплив на точність позиціонування при робочих операціях портального крана. В роботі запропоновано алгоритм імітаційного моделювання експериментальних досліджень та випробувань портальних кранів.*

***Ключові слова:** симулятор, переміщення, вантаж, експеримент, випробування, позиціонування, траєкторія, портальний кран.*

Вступ. Портальні крани є основним засобом механізації вантажо-розвантажувальних робіт у порту, тому існує потреба підвищення ефективності їх роботи. Велике значення в експлуатації портальних кранів має зменшення аварійних відмов, відсутність коливань тросу, хитання вантажу, позиціонування вантажів при дії різних комбінацій зовнішніх факторів, досягнення високої продуктивності технологічного процесу. У якості технічного засобу, що імітує технологічний процес портальних кранів, використовують комп'ютерні тренажери – симулятори [1]. Комп'ютерний тренажер – складний, програмно-апаратний комплекс, який складається з засобів моделювання, аналізу, симуляції, візуалізації [2]. Структура комп'ютерних тренажерів докладно описана у роботах Морозова, Вільвера [3, 4].

У роботах Файзрахманова, Хабібуліна, Сальникової [5-7] реалізована автоматизована навчальна система, яка дозволяє отримати навички керування краном і позиціонування вантажів у обстановці, яка максимально наближена до реальних умов. Але у представленому тренажерному комплексі не розроблено розділ експериментальних досліджень та випробувань портальних кранів.

Завдяки інноваційним інтерактивним технологіям є можливість виконувати різні експерименти та випробування з меншими витратами, але з більшою ефективністю. У віртуальному середовищі можливо імітувати різні закони матеріального миру, при цьому, не витратити реальних матеріалів. Так, для проведення будь-яких експериментів не потрібна реальна лабораторія, достатньо відтворити комп'ютерні моделі кранів та виконувати необхідні дії над ними в інтерактивному середовищі. Таким чином, актуальним завданням є побудова комп'ютерних моделей порталних кранів, розробка алгоритму імітаційного моделювання експериментів та впровадження комп'ютерних симуляторів у практику експериментальних досліджень.

Авторами даної статті пропонується впровадити в структуру комп'ютерного тренажера порталного крана можливість перевірки власної та вантажної стійкості, точності позиціонування вантажу при різних ступенях інтенсивності та напрямку вітру, ривках і коливаннях крана. Експериментальні дослідження можливо проводити з різним розташуванням об'єктів вантажо-розвантажувального комплексу (кран, судно, вантаж, контейнер, причал, склад та ін.) та давати оцінку якості роботи крана.

Мета. Метою даної роботи є вдосконалення комп'ютерних тренажерів, впровадження імітаційного моделювання в експериментальні дослідження порталних кранів.

Методика досліджень. Використовуючи сучасні 3D-технології візуалізації та моделювання, вільний доступ програмного забезпечення, побудована статична модель порталного крана для комп'ютерного симулятора (рис. 1), розроблено алгоритм імітаційного моделювання експериментальних випробувань, виконано дослідження траєкторії переміщення вантажозахоплювального пристрою за допомогою інтерактивних технологій.

1. Побудова статичної моделі порталного крана

Статична модель для комп'ютерного симулятора являє собою статичну схему порталного крана у вигляді креслення, розробленого за допомогою графічного редактора AutoCAD.

Далі графічний інтерфейс необхідно представити у вигляді трьохмірної моделі (рис. 2) віртуального порталного крана. Завдяки цьому видається можливість маніпулювати масштабом збільшення (зменшення) моделі, швидкістю пересування та виконання вантажних операцій крана.

Інформаційна модель – це система візуалізації, що забезпечує відображення результатів моделювання зовнішнього середовища та об'єкту керування. Робота інформаційної моделі здійснюється за рахунок взаємозв'язку електронних 3D-моделей з керованими динамічними елементами. Розробка віртуальних сценаріїв роботи

портової машини. Взаємодія динамічної моделі та серверу даних імітаційного моделювання формує архітектуру керування комп'ютерного тренажера-симулятора.

У комп'ютерних тренажерах зображення генерується в реальному часі, тому важливо враховувати потужність процесора комп'ютера, якість відеокарти, зовнішнє оточення, що забезпечує імітацію процесу роботи портального крана.

2. Розробка алгоритму імітаційного моделювання експериментальних досліджень та випробувань

Для імітації технологічного процесу роботи портального крана доцільно використовувати метод статистичних сит та нейронних зв'язків для прогнозування стану технічної моделі крана у системі об'єктів вантажо-розвантажувального комплексу.

Ідеологія побудови імітації робочих операцій, експериментальних досліджень та випробувань портального крана представлена алгоритмом (рис. 3).

Принцип побудови симулятора роботи портального крана представляється в наступному виді.

Для запуску комп'ютерного симулятора для експериментальних досліджень повинен бути сформований сценарій експерименту або випробування, банк даних виконання робочих операцій крана, координати зміни положень стрілової системи, діапазони варійованих параметрів. Після введення масиву інформації виконується випробування власної стійкості портального крана. Якщо спрацює запобіжний рейковий захват від перекидання крана, то починається ввімкнення візуальних індикаторів у імітованій кабіні машиніста, звуковий сигнал обмежувачів, анемометру. В цьому випадку оператор випробування зупиняє рух імітованої моделі. Якщо кран проходить випробування власної стійкості, то починається перевірка на його вантажну стійкість, в автоматичному режимі здійснюється розрахунок і формування нових координат стрілової системи. При втраті стійкості крана випробування зупиняється, а при задовільних результатах формується команда на переміщення вантажу. Далі проводиться дослідження траєкторії переміщення вантажозахоплювального пристрою та вантажу. На даному етапі роботи симулятора може спрацювати обмежувач кінцевих положень, що диктує зміну положення стрілової системи. На цьому етапі в діалоговому режимі може бути зроблена оцінка результатів, введені дані для додаткових перешкод – розгойдування вантажу. Результатом експерименту є оцінка якості роботи портального крана, формування бази даних випробувань та печать експериментальних даних крана та графіків переміщення вантажу.

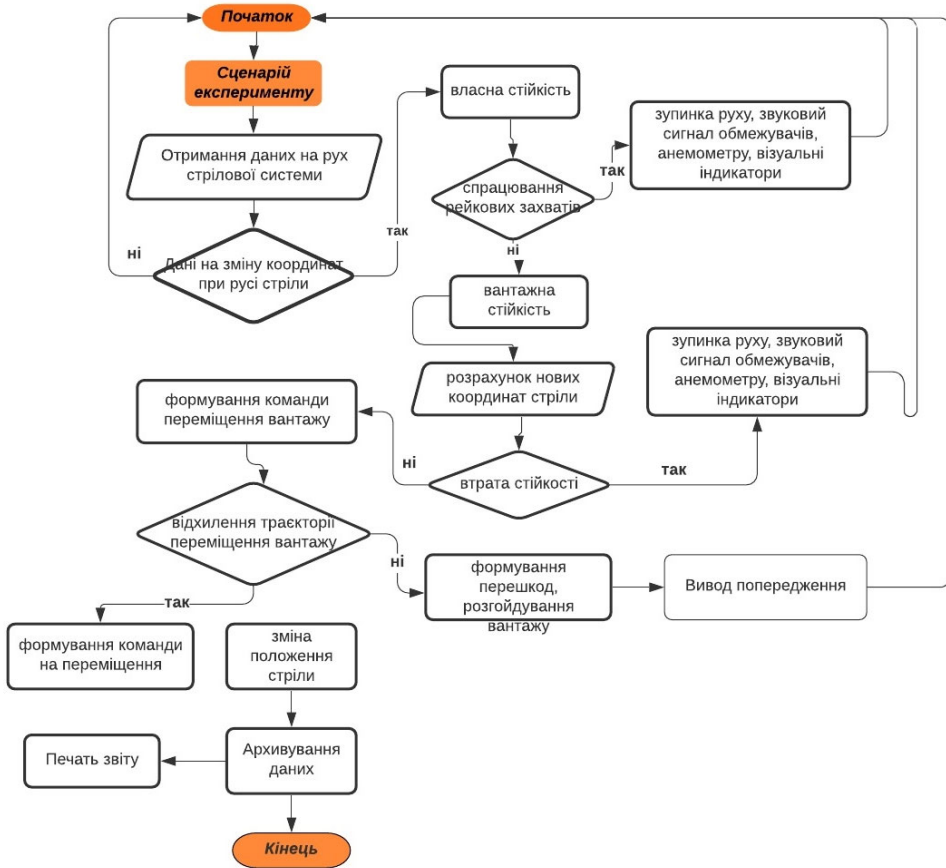


Рисунок 3 – Алгоритм роботи комп’ютерного симулятора для експериментальних досліджень порталного крана

3. Дослідження траєкторії переміщення вантажозахоплювального пристрою за допомогою комп’ютерного моделювання

При переміщенні вантажу порталний кран виконує ряд послідовних операцій:

- переміщення вантажозахоплювального пристрою до зони навантаження (стропування, захвату вантажу);
- переміщення вантажозахоплювального пристрою на задану висоту підйому;
- зміна вильоту стріли з вантажем;
- переміщення вантажу пристрою за горизонтальною траєкторією;
- поворот до зони розвантаження (відстроповка);
- холостий хід: поворот до зони навантаження, зміна вильоту стріли.

Забезпечення плавного руху стріли та виконання умови переміщення вантажу за горизонтальною траєкторією рекомендовано

перевіряти за допомогою комп'ютерного імітаційного моделювання, а саме – з використанням програм-симуляторів Plant Simulation, LiSIM (Liebherr), GlobalSIM, KoneCranes Simulator.

Вплинути на відхилення від оптимальної висоти підйому, на точність позиціонування вантажу та плавність руху стріли можна за рахунок методу апроксимації.

Авторами встановлено, що характер руху вантажозахоплювального пристрою описується різними аналітичними функціями, пошук яких здійснено методом найменших квадратів у програмі MatLab.

У статті виконано дослідження функції переміщення вантажу від часу, який складає цикл роботи порталного крана. Так, функція $F(t)$, була апроксимована за лінійним законом (1), (рис. 4) та за квадратичним законом (2), (рис. 5).

$$F = a_1 + a_2 \cdot t, \quad (1)$$

$$F = a_1 + a_2 \cdot t + a_3 \cdot t^2. \quad (2)$$

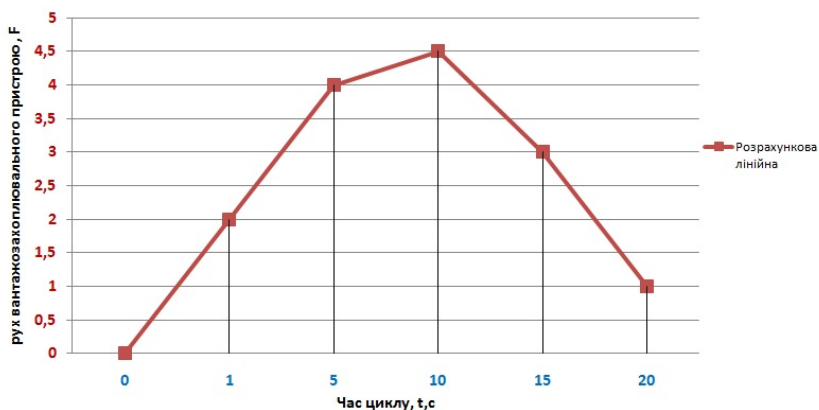


Рисунок 4 – Лінійна функція руху вантажозахоплювального пристрою в залежності від часу циклу кожної робочої операції порталного крана

Але найкраще функцію $F(t)$ описати комбінацією двох законів: за квадратичним законом операції повороту та за лінійним законом операції підйому та зміни вильоту (рис. 6).

Аналіз графіка на рис. 6 показує, що перші сім хвилин циклу роботи порталного крана відповідають умові оптимальної висоти підйому, далі забезпечується плавність повороту стріли, з десятої по чотирнадцяту хвилину виконується переміщення вантажу за горизонтальною траєкторією, що позитивно впливає на точність позиціонування вантажу.

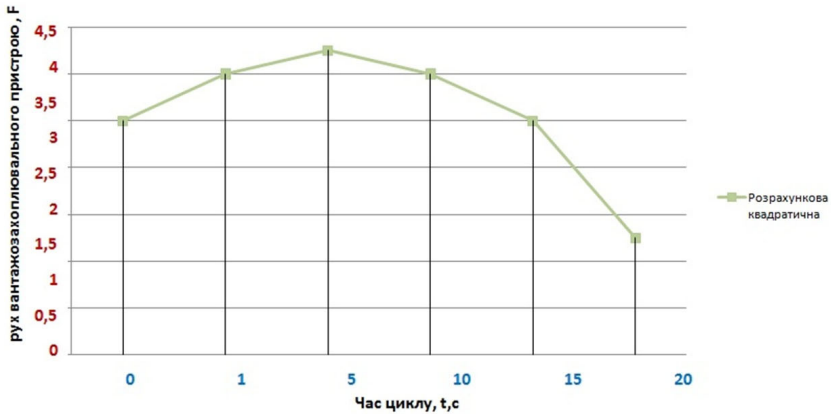


Рисунок 5 – Квадратична функція руху вантажозахоплювального пристрою в залежності від часу циклу робочих операцій крана

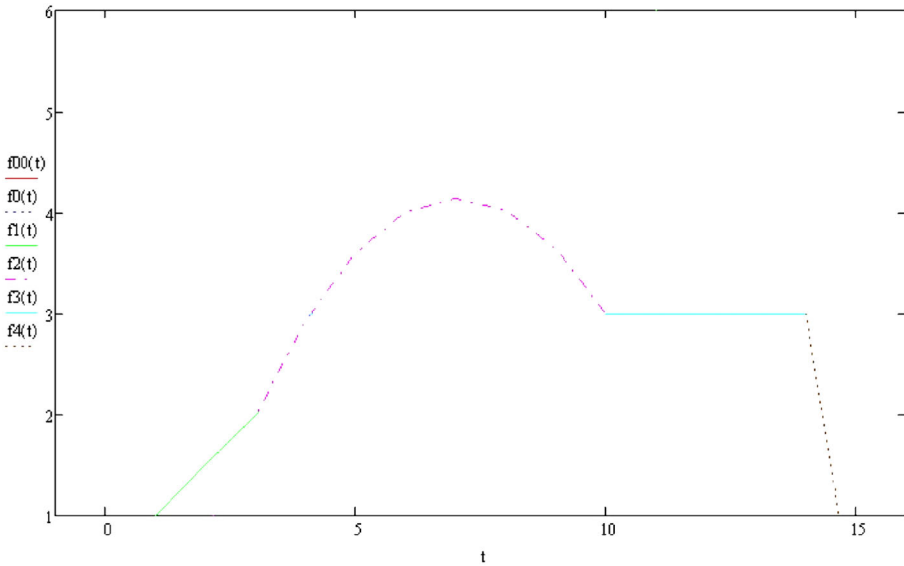


Рисунок 6 – Комбінована функція руху вантажозахоплювального пристрою в залежності від часу циклу робочих операцій крана

Таким чином, за допомогою комп’ютерних тренажерів - симуляторів, можливо не тільки вдосконалювати навички оператора порталного крана, але й виконувати експериментальні дослідження, статичні та динамічні випробування. Аналіз результатів дослідження траєкторії переміщення вантажозахоплювального пристрою та відхилення положень вантажу показує, що симулятор фіксує координати руху стріли з робочим обладнанням. Це дає можливість порівнювати фактичну траєкторію переміщення з результатами, які отримано в процесі комплексного оптимізаційного синтезу шарнірно-зчленованої стрілової системи [8].

Висновки. В роботі встановлена сутність процесу імітаційного моделювання. Складена статична модель порталного крана для комп'ютерного симулятора. Вперше викладено алгоритм роботи комп'ютерного симулятора для експериментальних досліджень характеристик та можливостей порталних кранів. Матеріали цієї статті можуть бути використані в учбовому процесі у якості завдань до лабораторних, практичних, курсових робіт.

Список використаної літератури

1. Якимова, М. О. Панорамное окружение виртуального компьютерного тренажера / М. О. Якимова, А. Ф. Хабибулин // MASTER'S JOURNAL, №2, 2016. – С. 274-279.

2. Шушарина, А. В. Анализ и перспективы развития компьютерных тренажеров для обучения сенсомоторным навыкам / А. В. Шушарина, И. С. Полевщиков // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: сб. науч. трудов. – Пермь : ПНИПУ, 2018. – Том. 1. – С. 61 – 69

3. Вильвер, П. Ю. Специализированный программный комплекс «АСТ» для создания тренажеров / П. Ю. Вильвер, А. Ю. Юрин // Программные продукты и системы/ Software & System: научн. журнал.– Уфа: УГАТУ 2016. – Том 29. – Вып. №3. – С. 136 – 141.

4. Морозов, П. В. Тренажер оператора дистанционно-управляемого транспортного средства / П. В. Морозов, Г. Г. Гладков, А. Г. Кураков // Материалы научно-исследовательского конкурса «Профессионал года 2018», г. Пенза (15 декабря 2018 г.) / МЦНС «Наука и просвещение». – Пенза, 2018. – С.28 – 33.

5. Файзрахманов, Р. А. Проектирование и разработка тренажерного комплекса оператора порталного крана / Р. А. Файзрахманов, А. Ф. Хабибулин // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления: научн.-техн. журнал. – Пермь: ПНИПУ, 2014. – Вып. №9. – С. 80 – 92.

6. Хабибулин, А. Ф. Использование проекта «Тренажерный комплекс крановщика порталного крана» / А. Ф. Хабибулин // Материалы тринадцатой открытой Всероссийской конференции «Преподавание информационных технологий», г. Пермь (14-15 мая 2015 г.) / Издательский центр «Перм. гос. нац. исслед. ун-т». – Пермь, 2015. – С.51 – 53.

7. Сальникова, О. С. К вопросу создания компьютерного тренажерного комплекса оператора порталного крана «Сокол» / О. С. Сальникова, Р. А. Хахимов // Материалы IX Международной научн.-практической конференции «EurasiaScience», г. Москва (31 мая 2017 г.) / Научно-издательский центр «Актуальность РФ». – Москва, 2017. – С. 174 – 175

8. Ткачук К. В. Обґрунтування раціональних конструктивних параметрів шарнірно-зчленованих стрілових систем порталних кранів: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.05/ Ткачук Катерина Володимирівна. – ; Українська інженерно-педагогічна академія. – Харків, 2017. – 178 с.

PROVIDED COMPUTER SIMULATED MODELING IN EXPERIMENTAL ADDITIONAL PORTAL CRANES

Tkachuk K. V., Suglobov V. V.

*Department of Lifting-transport Machines and Details of Machines,
Pryazovskyi State Technical University*

Abstract. There is a look at the power supply of the imitating model of port machines and the introduction of interactive technologies at experimental portal cranes. The nature of the movement of the ventage sacroplasty attached to the open stages of the crane robot has been increased. Indicated the results of approximating the function of the ventilation and the fact that the accuracy of positioning during the operation of the gantry crane is accurate. In the robot, the algorithm of the user-defined model of experimental experiment and portal testing of portal cranes is replicate. The authors of this article want to admit to the structure of the computer simulator of the portal crane the possibility of interpreting the voltage and the value of the voltage, accuracy of positioning at the lower levels of intensity and voltage, the edges of the loop. It is possible to carry out experimental experiments with the winter rosette of the ventilation and rooftop complex (crane, ship, cable, container, berth, warehouse and warehouse) and give an estimate of the crane's robots. By the way I have given robots комп a comprehensive computer tracking experience, an interactive simulation in experimental gantry cranes. Successful 3D technology, visualization of that model, high access of software protection, a static model of the portal crane for a computer simulator was stimulated, an algorithm of advanced model of experimental testing was scanned. The article establishes the daily process of the imitation model. The static model of the portal crane for a computer simulator is stacked. The robot algorithm of a computer simulator for experimental experimental characteristics and capabilities of portal cranes is uploaded. Materials and materials can be used in the educational process at the factory to laboratory, practical, coursework.

Keywords: simulator, moving, setting, experiment, vibrating, positioning, traction, gantry crane.