

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ
ПОРТОВИХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Розглянуто питання модернізації схем механізації вантажопотоків при оптимізації логістичних витрат з метою збільшення пропускної спроможності порту. Досліджено процес перевантаження вантажів з використанням різних підйомно-транспортних машин, представлено схеми комплексної механізації портів терміналів. Проаналізовано основні схеми комплексної механізації у порту на прикладі транспортування штучного вантажу – слябу. Провідною ланкою цих схем є порталний кран, для якого розроблено динамічну 3D модель, що дозволяє формувати сценарій виконання транспортної операції з використанням систем симуляції. За допомогою симулятора можна оцінити показники працездатності, надійності крана. Наведено результати розрахунків характеристик складу, його місткості та схеми розміщення слябів. Для побудови алгоритму логістики операцій з транспортування вантажів визначено вхідні дані (структура вантажообігу, енерговитрати, витрати на логістику), об'єкти (підйомно-транспортне обладнання, судна, залізничний транспорт) та вихідну інформацію у вигляді звіту з результатами моделювання. У роботі запропоновано алгоритм імітаційної моделі портів перевантажувального комплексу, що дозволяє візуалізувати технологічний процес перевантажувальних операцій та проводити оптимізацію параметрів за заданими критеріями якості.

Ключові слова: транспортний термінал, порталний кран, автотранспортувач, склад, залізничний транспорт, імітаційна модель, схема механізації.

V.V. Suglobov, K.V. Tkachuk. Improving the mechanism of port handling complexes.

The issue of modernization of cargo flow mechanization schemes, while optimizing logistics costs with the aim of increasing port capacity, was considered. The process of cargo transshipment using various lifting and transport machines is studied, the schemes of complex mechanization of port terminals are presented. The main schemes of complex mechanization in the port are analyzed on the example of transportation of artificial cargo - slab. The leading link of these schemes is the gantry crane, for which a dynamic 3D model has been developed, which allows you to create a scenario of the transport operation using simulation systems. With the help of the simulator, it is possible to evaluate indicators of performance and reliability of the crane. The results of the calculations of the characteristics of the warehouse, its capacity and the layout of the slabs are given. To build a logistics algorithm for cargo transportation operations, input data (structure of freight traffic, energy costs, logistics costs), objects (lifting and transport equipment, ships, railway transport) and output information in the form of a report with simulation results are determined. The paper proposes an algorithm for the simulation model of the port transshipment complex, which allows you to visualize the technological process of transshipment operations and optimize the parameters according to the specified quality criteria. The materials of the article can be useful to specialists of the mechanization services of sea and river ports, as well as used in the educational process as tasks for laboratory, practical and course work.

Key words: transport terminal, gantry crane, truck loader, warehouse, railway transport, dynamic model, simulation model, mechanization scheme.

¹ д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0003-1743-0894, suglobov.v.v@pstu.edu

² канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-0309-1644, ev13tk@gmail.com

Постановка проблеми. Від рівня оснащення та розвитку інфраструктури морських та річкових портів залежить конкурентоспроможність транспортного терміналу, де основними засобами механізації є порталні крани, що виконують завантаження та розвантаження суден типу Handymax, Panamax. Вводити додаткові вантажопотоки дозволяє використання мобільних перевантажувальних машин, а саме – фронтальних автовантажувачів, що мають високу маневреність і мобільність. Так, в умовах сучасних транспортно-економічних зв'язків необхідно впроваджувати нові схеми механізації вантажопотоків, при цьому скорочуючи витрати на логістику з метою збільшення пропускної спроможності порту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1, 2] розглядаються проблеми портової діяльності та можливості проведення різних портових реформ, але не враховуються витрати на логістику вантажопотоків. Дослідниками визначено функції сучасних портів як ключового елемента ланцюжка логістики з доставки вантажів, проте не запропоновано систему організаційної взаємодії суб'єктів вантажно-розвантажувальних комплексів. Наведено рекомендації з перевантаження технологічних модулів, великогабаритних та особливо важких вантажів, але не відображено ефективність запропонованих способів та їх впливу на пропускну спроможність порту. Розвиток матеріально-технічної бази підприємств морського транспорту досліджувався в роботах О.О. Андрієнка, М.І. Котлубей, І.О. Лапкіної, В.С. Ловейкіна, В.А. Міхеєва, В.М. Пустового та ін. На сьогоднішній день відсутні розробки моделей взаємодії автотранспорту, залізничного транспорту та портового терміналу з метою оптимізації складських площ та скорочення витрат на логістику. Тому підвищення якості, надійності перевезень, мінімізація часу доставки вантажу, збільшення пропускної спроможності порту за рахунок вдосконалення управління портовими перевантажувальними комплексами є актуальним завданням.

Мета статті – удосконалення схем механізації транспортно-логістичної системи порту, що дозволить скоординувати вантажопотоки та підвищити ефективність спільної роботи підйомно-транспортних машин.

Виклад основного матеріалу. Завдання збільшення пропускної спроможності порту вимагає модернізації перевантажувальних комплексів. У зв'язку з цим необхідно коригувати та оптимізувати схеми механізації вантажно-розвантажувальних, транспортних та складських операцій з урахуванням загальних витрат порту на логістику. Схема комплексної механізації включає підйомні машини, вантажозахоплювальні пристрої, рухомий склад, вантажоутворюючий пункт (склад).

Розглянемо основну схему комплексної механізації в порту з прикладу транспортування штучного вантажу – сляба. Для слябів, що відвантажуються на судно, транспортування здійснюється за схемою: залізнична платформа – автовантажувач – склад – тягач – автовантажувач – залізнична платформа – порталний кран (рис. 1). Провідною ланкою цієї схеми є порталний кран, який має універсальність та технологічну функціональність. Ці машини характеризуються великою вантажопідйомністю, збільшеним вильотом стріли, обробкою будь-яких трюмів суховантажних суден та здатністю перевантажувати будь-який тип вантажу. Внутрішній контур порту забезпечує переміщення рухомого складу, що скорочує витрати на логістику, експлуатаційні та перевантажувальні операції.

Відомо, що порталний кран має найбільший час циклу робочих операцій з усіх транспортних машин. Тому слід звернути увагу на забезпечення безпечної експлуатації порталних кранів, збереження працездатності та технічних характеристик машин. Формуючи сценарій роботи крана з використанням систем симуляції Workcell Simulator, Dyn-Soft RobSim, з'являється можливість оцінити необхідні показники. У зв'язку з цим, авторами [3] побудовано динамічну 3D модель порталного крана (рис. 2), для якої вхідними даними приймалися показники перевантажувальної операції (вантажопідйомність крана, швидкість підйому вантажу, швидкість переміщення крана, висота підйому, виліт стріли, точність кранового позиціонування).

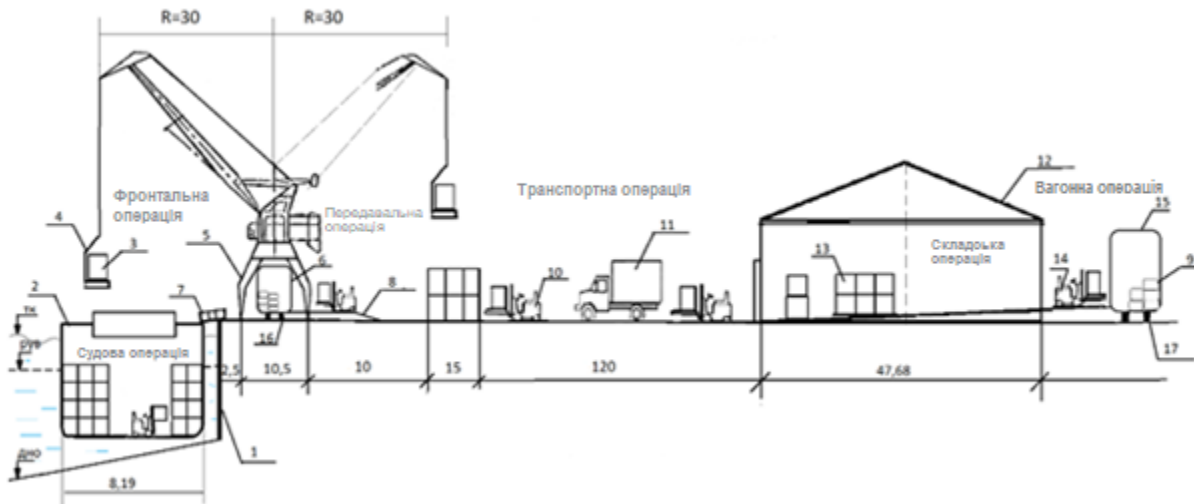


Рис. 1 – Схема комплексної механізації перевантаження вантажів з використанням автонавантажувачів: 1 – причал, 2 – трюм, 3 – вантаж, 4 – вантажне захоплювальне обладнання, 5 – портальний кран, 6 – передавальна операція, 7 – береговий плавзасіб, 8 – вантажна операція, 9 – вагонна операція, 10 – автонавантажувач, 11 – автотранспорт, 12 – склад, 13 – складська операція, 14 – розвантажувальна операція, 15 – залізничний транспорт

У цій схемі управління вантажопотоком важливу роль відіграє фронтальний автонавантажувач, експлуатація якого проходить в умовах технологічних ліній морських портів, і ряд режимів навантаження (залізничні переїзди; нерівності шляху пересування як на причалі, так і в трюмі судна; поодинокі перешкоди, що зустрічаються, та ін.), які призводять до зниження їхньої довговічності. Авторами запропонована динамічна 3D модель фронтального автонавантажувача, що дозволяє оцінити його довговічність та причини випадкових відмов у роботі [4].

Аналіз запропонованої схеми механізації показав, що навантажувачі вимагають використання великих розмірів корисної площі складу для маневрових робіт, проїздів. В результаті продовжується шлях транспортування вантажу до складу. Ці операції зменшують продуктивність портового перевантажувального комплексу.



Рис. 2 – Динамічна 3D модель портального крана

Наступний варіант схеми комплексної механізації (рис. 3) характеризується наявністю мостового крана та приводного роликівого конвеєра як допоміжне обладнання [4]. Перевагою схеми, що проектується, є збільшення кількості майданчиків під розміщення вантажу без зміни габаритів складу. Це дозволяє збільшити пропускну здатність порту, скоротити час циклу, однак, з'являються обмеження за характеристиками вантажу, що переміщується, які диктуються експлуатаційними показниками конвеєра.

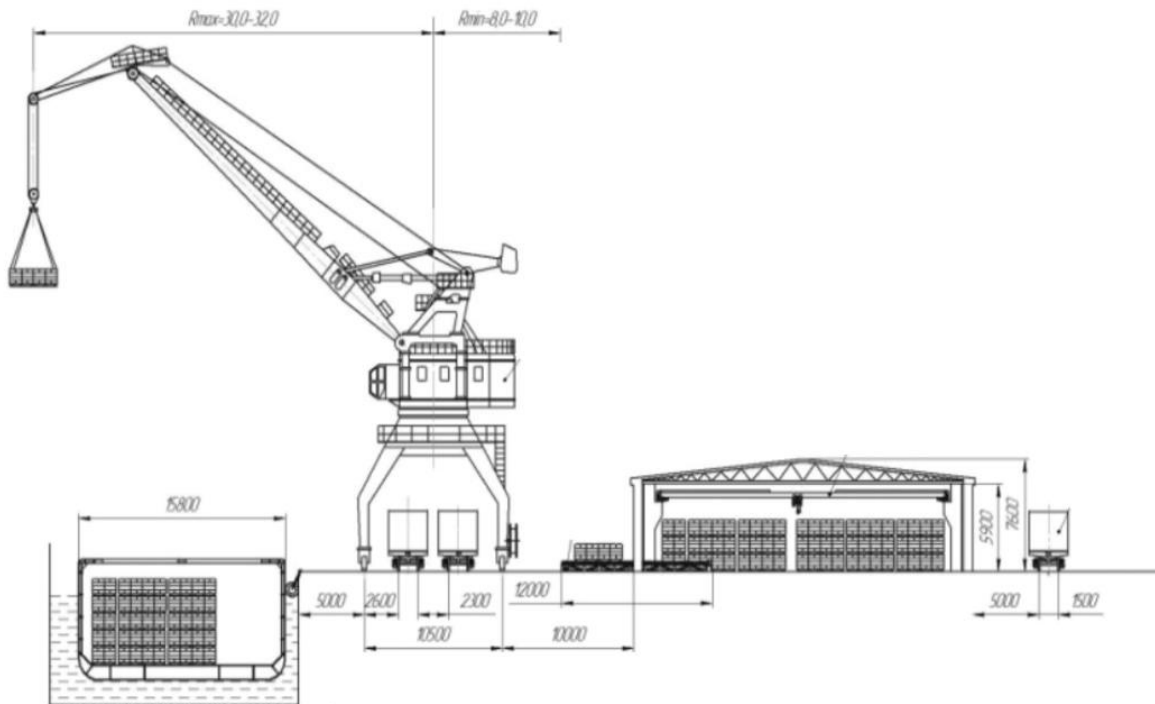


Рис. 3 – Схема комплексної механізації перевантаження вантажів з використанням мостового крана та роликівого конвеєра

Для оцінки схем механізації портового перевантажувального комплексу розраховано місткість складу та сплановано розміщення на ньому слябів. Вихідними даними визначення основних параметрів складів є вантажопотоки і режим роботи складів.

При транспортуванні слябів з використанням автотранспорту встановлено, що при вантажопотоці 1120 т/добу місткість складу для великовагових довгомірних вантажів повинна становити 2340 т. Враховуючи максимальний виліт стріли порталного крана, що дорівнює 34 м, радіус розвороту автотранспорту та необхідну відстань від крана, максимальна довжина складу може досягати 22 м. Для уточненого значення виконано розрахунок для знаходження геометричних параметрів складу, в результаті яких площа складу становила 1020 м², ширина складу прийнята 16 м, а довжина – 63,75 м. Такий результат не задовольняє можливостям порталного крана, тому необхідно розташовувати сляби в 3 яруси (рис. 4), між якими будуть розміщені дерев'яні підкладки, тоді параметри складу будуть такими: площа – 340 м², ширина – 16 м, довжина – 21,3 м.

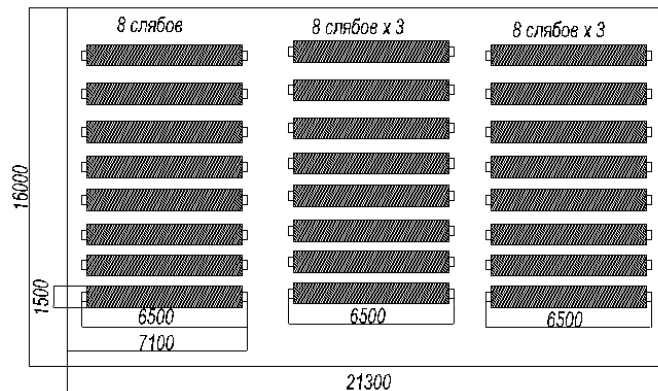


Рис. 4 – Розміщення слябів на складі у схемі транспортування з використанням авто-навантажувачів

При транспортуванні слябів з використанням мостового магнітного крана, проліт якого становить 34,5 м, максимальна довжина складу може досягати 15 м з урахуванням радіусу розвороту автотранспорту, ширини дороги під авто, ширину залізничних колій. Відповідно до розрахунку геометричних параметрів складу, розташовувати сляби потрібно в 4 яруси (рис. 5), при цьому параметри складу будуть такими: площа – 255,6 м², ширина – 17 м, довжина – 15 м.

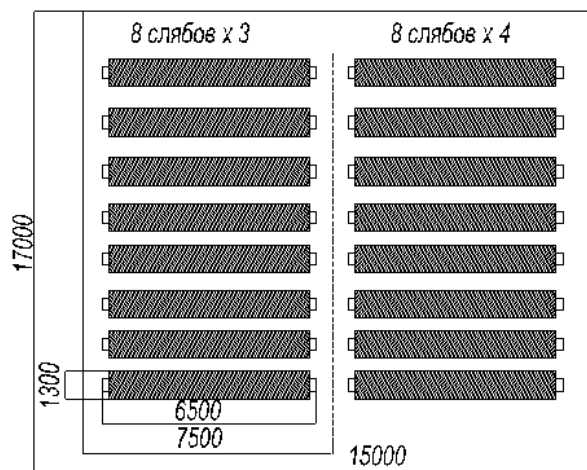


Рис. 5 – Розміщення слябів на складі у схемі транспортування з використанням мостового крана

Виходячи з представлених схем, кількості операцій, що їх складають, розрахунку складу, обрано найбільш оптимальну схему – перевантаження з використанням мостового крана з підвіскою з двох електромагнітних захоплень.

Для оптимізації портових вантажопотоків відповідно до обраної схеми необхідно розробити імітаційну модель всіх пов'язаних з нею транспортних процесів. Зважаючи на велику кількість операцій, транспортні процеси описуються аналітичним, ймовірнісним і імітаційним методами, які враховують різні умови роботи, циклічний характер роботи, безліч критеріїв якості для транспорту.

Для побудови алгоритму логістики операцій з транспортування вантажів визначено вхідні дані (структура вантажообігу, енерговитрати, витрати на логістику), об'єкти (підйомно-транспортне обладнання, судна, залізничний транспорт) та вихідну інформацію у вигляді звіту з результатами моделювання. На основі розробленого алгоритму побудовано імітаційну модель, що відображує технологічний процес портового комплексу (рис. 6).

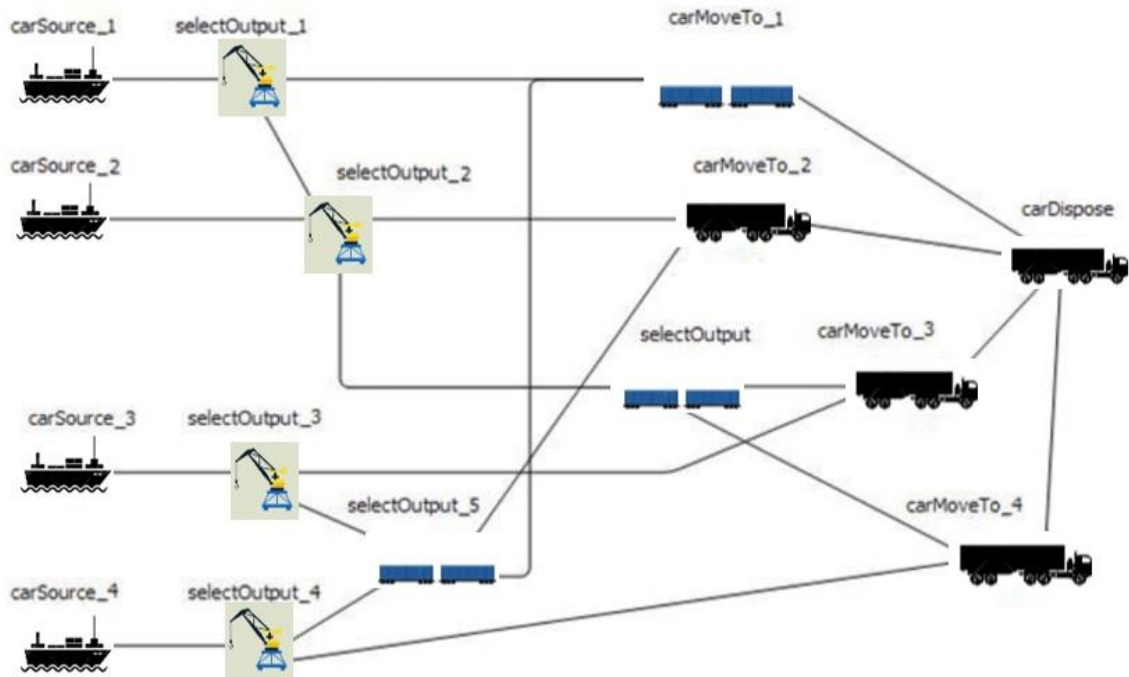


Рис. 6 – Імітаційна модель портового перевантажувального комплексу

Імітаційна модель дозволяє візуалізувати технологічний процес перевантажувальних операцій та проводити оптимізацію параметрів за заданими критеріями якості

Висновки

Проаналізовано основні схеми комплексної механізації у порту на прикладі транспортування штучного вантажу – слябу. Провідною ланкою цих схем є порталний кран, тому авторами розроблено динамічну 3D модель крана, яка формує сценарій роботи транспортної операції з використанням систем симуляції. За допомогою симулятора можна оцінити показники працездатності, надійності крана.

Представлені результати розрахунків місткості складу, його геометричних характеристик із зазначенням схем розміщення вантажу на майданчику. Розроблено алгоритм логістики операцій з транспортування вантажів, на основі якого побудовано імітаційну модель портового перевантажувального комплексу.

Матеріали статті можуть бути корисними фахівцям служби механізації морських та річкових портів, а також використані в навчальному процесі як завдання до лабораторних, практичних та курсових робіт.

Перелік використаних джерел:

1. Примачёв Н.Т., Вовк О.Ю. Эффективность функциональной деятельности предприятий морского транспорта. Одесса: ИПРиЭЭИ, 2011. 1247 с.
2. Haralambides H.E., Ma S., Veenstra A.W. World wide experiences of Port Reform. In book: Transforming the Port and Transportation Business. Acco Publishing, Leuven, 1997. Pp. 1-27.
3. Ткачук К.В., Суглобов В.В. Впровадження комп'ютерного імітаційного моделювання в експериментальні дослідження порталних кранів. *Підйомно-транспортна техніка*. 2020. Вип. № 2(63). С. 107-114. DOI: <https://doi.org/10.15276/pidtt.2.63.2020.09>.
4. Суглобов В.В., Лаврик В.П., Нефедов И.А. Разработка динамической модели автопогрузчика. *Підйомно-транспортна техніка*. 2006. № 3. С. 32-41.

References:

1. Primachev N.T., Vovk O.Iu. *Efficiency of functional activities of maritime transport enterprises*. Odessa, IPRiEEI Publ., 2011. 1247 p. (Rus.)
2. Haralambides H.E., Ma S., Veenstra A.W. World wide experiences of Port Reform. *In book: Transforming the Port and Transportation Business*. Acco Publ., 1997, pp. 1-27.
3. Tkachuk K.V., Suglobov V.V. Provided computer simulated modeling in experimental additional portal cranes. *Hoisting and conveying equipment*, 2020, № 2(63), pp. 107-114. doi: <https://doi.org/10.15276/pidtt.2.63.2020.09>. (Ukr.)
4. Suglobov V.V., Lavrik V.P., Nefedov I.A. Development of a dynamic model of a forklift. *Hoisting and conveying equipment*, 2006, № 3, pp. 32-41. (Rus.)

Рецензент: А.О. Іщенко
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 03.02.2023

Стаття прийнята 10.04.2023