

УДК 656.073-043.86

DOI 10.47049/2226-1893-2023-3-122-142

**ЕВОЛЮЦІЯ НАУКОВИХ ОСНОВ ВНУТРІШНЬОПОРТОВОГО  
ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ В ПРАЦЯХ УЧЕНИХ  
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

**О.В. Кириллова**

д.т.н., професор,

завідувач кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт»

**О.Р. Магамадов**

к.т.н., доцент, професор ОНМУ,

професор кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт»

**В.Ю. Кириллова**

к.т.н., доцент кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»

**Н.Л. Павлова**

к.т.н., доцент,

доцент кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт»

**Б.В. Шурін**

ст. викладач кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт»

*Одеський національний морський університет, Одеса, Україна*

***Анотація.** Викладено результати аналітичного огляду досягнень українських учених у галузі створення й розвитку теорії й методів управління процесом обробки суден (ПОС) у межах внутрішньопортового оперативного управління (ВОУ) з виділенням етапів від зародження до початку розвитку, створення наукових основ і розвитку на сучасному етапі. Показано, що лєвова частка вказаних досягнєнь належить науковцям з Одеського національного морського університету (ОНМУ), у минулому Одеського інституту інженерів морського флоту (ОІМФ). Установлено, що згадані науковці включились в дослідну роботу в середині ХХ століття на етапі становлення ВОУ як науки. Їх першими науковими результатами стали методи складання стрічкових діаграм, годинних графіків та оперативних планів обробки суден. Відзначено, що в подальшому дослідники з ОІМФ прийняли активну участь у забезпеченні методології ВОУ, насамперед, управління ПОС, принципами, підходами й методичним інструментарієм наук, народжених науково-технічною революцією, завдяки чому стало можливим розглядання завдань управління ПОС в оптимальній постановці. Стисло охарактеризована розроблена науковцями ОІМФ-ОНМУ концепція розв'язання цих завдань, починаючи з визначення оптимального розподілу портових перевантажувальних ресурсів між суднами й закінчуючи пошуком оптимального варіанту їх використання на судових роботах.*

*Обґрунтовано основні положення системної оптимізації управління ПОС шляхом послідовного розв'язання завдань, що передбачають визначення пріоритету суден на першочергову обробку, розподіл причалів між суднами, вибір технології завантаження/розвантаження суден, установлення рівнів концентрації технологічних ліній (ТЛ) на судах. Розподіл ТЛ між суднами, використання ТЛ при обробці суден, складання ситуаційного плану обробки суден.*

*Ключові слова:* обробка суден, управління, теоретичні основи, методичний інструментарій, системна оптимізація.

UDC 656.073-043.86

DOI 10.47049/2226-1893-2023-3-122-142

## EVOLUTION OF THE SCIENTIFIC BASIS OF INLAND PORT OPERATIONAL MANAGEMENT IN THE WORKS OF ODESSA NATIONAL MARITIME UNIVERSITY SCIENTISTS

**E. Kirillova**

Doctor of Technology, Professor,  
Head of a department «Port operation and cargo handling technology»

**A. Magamadov**

PhD, Associate Professor, Professor of ONMU,  
Professor at the Department of «Port operation and cargo handling technology»

**V. Kirillova**

PhD, Associate Professor at the Department  
of «Fleet Operating and Technology of Sea Carriages»

**N. Pavlova**

PhD, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department  
of «Port operation and cargo handling technology»

**B. Shurin**

Senior Lecturer at the Department  
of «Port operation and cargo handling technology»

*Odesa national maritime university, Odesa, Ukraine*

**Abstract.** *The article presents the results of an analytical review of the achievements of Ukrainian scientists in the field of creation and development of the theory and methods management processing of ship (PS) within the limits of in-port operational management (IOM). It is shown that the lion's share of these achievements belong to scientists from the Odesa National Maritime University (ONMU), formerly the Odesa Institute of Sea Fleet Engineers (OISFE). It was established that the mentioned scientists were involved in research work in the middle of the XX century at the stage of formation of IOM as a science. Her first scientific results were the methods of drawing up tape charts, hourly schedules and operational plans for handling ships. It was noted that in the future, researchers from the OISFE took an active part in providing the methodology of IOM, first of all, the management of PS, the principles, approaches and*

*methodological tools of the sciences born of the scientific and technical revolution, thanks to which it became possible to consider the tasks of PS management in an optimal setting. The methods of solving these problems developed by the scientists of OISFE-ONMU are briefly characterized, starting with the determination of the optimal distribution of port transshipment resources between ships and ending with the search for the optimal option for their use in ship operations. The main provisions of the system optimization of PS management are justified by sequentially solving tasks that involve determining the priority of vessels for priority processing, the distribution of berths between vessels, the selection of vessel loading/unloading technology, and the establishment of levels of concentration of process lines (TL) on vessels. Distribution of TL between ships, use of TL in the treatment of ships, preparation of a situational plan for the treatment of ships.*

**Keywords:** *ship processing, management, theoretical foundations, methodological tools, system optimization.*

**Вступ і постановка питання.** Українські вчені-транспортники включилися в роботу з дослідження проблем забезпечення ефективного функціонування портів наприкінці 1940-х років в ОПМФ (ОНМУ). Ця ініціатива науковців ОПМФ стала відповіддю на виклик практики, який полягав у необхідності радикального зниження стоянкового часу транспортного флоту як умови збільшення його перевізної спроможності. Дослідники ОПМФ вирішили шукати можливості для розв'язання вказаної проблеми шляхом удосконалення управління.

Вибір саме цього напрямку досліджень обумовлювався тією обставиною, що найбільш вагомою причиною надмірно тривалих стоянок суден у портах були, в термінології спеціалістів того часу, так звані «організаційні дефекти» ВОУ, найбільш добірний з яких містився у використанні «окомірних» способів розв'язання завдань управління ПОС. Усунення цього «дефекту» шляхом розробки й надалі розвитку теоретичних основ і методичного інструментарію управління ПОС стало тоді й залишається до тепер мега-метою портових досліджень, що виконувалися в ОПМФ і виконуються в ОНМУ.

У проведенні вказаних досліджень приймали участь науковці кількох поколінь ОПМФ-ОНМУ. Завдяки їх активності прискорилося становлення ВОУ як найважливішого розділу загальної теорії управління функціонуванням портів і почалося формування наукових основ управління ПОС. Аналізу еволюції вказаного напрямку досліджень, що виконані науковцями з ОНМУ, присвячується ця стаття.

**Основний матеріал дослідження.** Як показано в [1], зародження ВОУ в частині управління ПОС логічно пов'язувати з фактом організації завантаження першого і світі судна, що хронологічно сталося задовго до появи морських портів. В ті часи торгові судна прибували за вантажами і з вантажами до необладнаних узбереж, ставали на якір і оброблялися за варіантом «берег-судно» й у зворотному напрямку. При цьому вантажі переміщувались водним простором людьми, які несли на головах мішки, паки, ящики й інші вантажні місця, пересуваючись мілководдям.

Згодом обробку суден стали здійснювати за варіантом «берег-портове перевантажувальне судно (або човен) – торгове судно» з ручним виконанням усіх вантажних операцій.

Завантаження/розвантаження суден спочатку забезпечували судові команди, а потім капітани суден почали залучати для цього на платній основі жителів прибережних поселень. В результаті з'явилися професійні вантажники, прабатьки сучасних портових робітників-докерів.

Народження професійних вантажників послужило поштовхом для виникнення спеціалізованих підприємств, призначення яких полягало в організації перевалювання вантажів з берегу на морські судна й назад. Так виникли стивідорні компанії, яким випало стати спочатку своєрідною моделлю майбутніх морських портів, а потім автономними суб'єктами виробничої діяльності в портах (портовими операторами).

Паралельно з розвитком портів в інженерному та економіко-виробничому сенсі накопичувався досвід управління їх діяльністю під назвами «портові роботи», «портова справа», «експлуатаційна справа в портах», «експлуатаційна портова справа», «експлуатація портів». Разом з цим формувалося обличчя спеціаліста з керівництва вказаною діяльністю й окреслювалися перелік і зміст його професійних компетенцій.

Останньому питанню багато уваги приділив В.Є. Тімонов, уродженець Одеси, невтомний дослідник шляхів підвищення ефективності роботи Одеського порту й перспективних шляхів його розвитку, визнаний авторитет у галузі проблем експлуатації портів. Буквально при кінці XIX століття він виступив з проектом організації експлуатаційних органів у портах, у котрому, зокрема, обґрунтував вимоги, яким повинен задовольняти начальник порту [2].

Свою точку зору В.Є. Тімонов пояснював у відповідності з логікою й здоровим розумінням. Він утверджував, що коли єдиним виробничим ресурсом порту був контингент вантажників (до останньої третини XIX століття) керівником портових робіт (читаємо: портом) могла бути мисляча та спритна людина. Коли ж в портах з'явилися гідропоруди, наземне та плавуче устаткування для здійснення вантажних робіт, внутрішньопортовий транспорт, інженерні мережі та інше обладнання, порти перетворилися, як нині кажуть, у великі, складні й імовірнісні людино-машинні системи. Акцентуючи увагу на ці обставині, В.Є. Тімонов стверджував, що в такій ситуації главою порту може бути людина не тільки мисляча та спритна, але й маюча адекватну професійну освіту. Крім того, пояснював він, під керівництвом начальника порту має діяти компетентний колектив фахівців з портової експлуатації для забезпечення безперервного (оперативного) управління процесами перевалювання вантажів і обробки суден з обов'язковим дотриманням інтересів портової клієнтури.

У своєму виступі В.Є. Тімонов обмежився обґрунтуванням необхідності удосконалення кадрового забезпечення ВОУ шляхом, за його виразом, «технічної підготовки» портових керівників усіх рангів, але про теоретичний зміст цієї підготовки він ніяк не висловився.

Можливо через те, що на той час науки експлуатації портів, а у її складі ВОУ, ще не існувало. Її становлення почалося лише через чверть століття.

Вказане перетворення ВОУ відбувалося шляхом теоретичного осмислення й узагальнення накопиченого практичного досвіду організації ПОС. Найбільш професійно ця тенденція відбита у статтях [3, 4], з якими виступили у середині ХХ століття учені з ОПМФ А.І. Сакович і М.С. Татаренко. Вони запропонували, кожен свій, метод скорочення часу обробки судна, що розглядається окремо, за умови раціонального використання ТЛ при виконанні вантажоперевалювальних робіт.

У першій з наведених публікацій постулюється правило, відповідно до якого, розміщення ТЛ при обробці судна є раціональним, якщо дотримується одна з наступних умов:

- на усіх люках судна вантажні операції завершуються приблизно в один і той же час (коли число ТЛ більше або дорівнює кількості люків);
- усі ТЛ завершують роботу одночасно при повній обробці усіх люків судна (коли число ТЛ менше за кількість люків).

На цьому правилі ґрунтується запропонований в [3] так званий «метод стрічкових діаграм», за допомогою якого визначається послідовність обробки люків судна, а також взаємозв'язок роботи перевантажувальних машин на причалі й вантажників у трюмі.

Використаний в [3] підхід до будування стрічкових діаграм обробки суден одержав розвиток в [4] при розробці метода складання годинних графіків завантаження/розвантаження судна. В основу цього методу покладено постулат, яким утверджується, що мінімальний час обробки судна під вантажними операціями може бути досягнуто, якщо ТЛ, які приймають участь в обробці судна, будуть максимально використані як за продуктивністю, так і за часом.

Викладені у [3; 4] методи розглянуто на числових прикладах у той же час алгоритми їх реалізації як формалізовані процедури відсутні. Цю незавершеність усунув О.Р. Магамадов, науковець з ОПМФ, наприкінці 1960-х років шляхом розробки графо-аналітичного методу складання оперативних планів обробки суден за допомогою алгоритму, що моделює процеси завантаження/розвантаження люків судна й роботи ТЛ.

Підсумовуючи вищевикладене, відзначимо, що запропонований підхід до складання оперативних планів завантаження/розвантаження суден ознаменував факт закінчення етапу становлення й одночасно початку етапу створення методології управління ПОС і ВОУ у цілому.

Як показано в [1], цей етап протікав у складній обстановці. Розгорнуту науково-дослідну роботу в його перше п'ятиріччя перервала друга світова війна. Роботи у цьому напрямку відновилися лише на початку 1950-х років, напередодні науково-технічної революції. І все ж, незважаючи на перехідний характер етапу, його результати можна розглядати як початок просування в розробці теоретичних положень і методичного арсеналу ВОУ.

Так, протягом початкової частини цього етапу розвитку ВОУ, затвердилася точка зору, яка відзначала, що ефективно управління процесом обробки суден може бути забезпечено шляхом розробки наступних видів планів:

- дислокаційного (декадного, тижневого, п'ятиденного) графіку обробки суден, які вже прибули в порт і знаходяться на підході до нього;
- оперативних планів завантаження/розвантаження окремих суден;
- змінно-добових планів роботи порту (розділ «Суднові роботи»).

Підкреслимо, що ця триланкова система планів залишається актуальною до теперішнього часу в силу своєї теоретичної переконливості і практичної можливості бути реалізованою.

Ще один принципово важливий результат методологічного характеру, здобутий на початку розглянутого етапу, стосувався обґрунтування правомірності постановки двох взаємопов'язаних завдань – про розподіл портових перевантажувальних ресурсів між прийнятими до обробки суднами і про використання ресурсів на судах під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій. І це положення зберігає актуальність як фундаментальна основа управління ПОС.

**Створення наукових основ.** Друга частина етапу розробки методології управління ПОС у рамках ВОУ розвивалася стрімко й результативно. У цей період сталося інтенсивне збагачення методології ВОУ принципами, підходами і методами наук, народжених науково-технічною революцією – кібернетики, системотехніки, системного аналізу, теорії оптимізації планування і управління, економіко-математичного моделювання, календарного планування, дослідження операцій. Під впливом цього в методології ВОУ замість поняття «раціональне» закріпилося поняття «оптимальне», в наслідок чого завдання управління ПОС почали розглядати в оптимальній постановці.

В ті роки найбільша увага приділялася завданням про розподіл ТЛ між суднами й використання їх на суднових роботах. У дослідженні цих завдань приймали активну участь вчені з ОПМФ, наукові результати яких стисло характеризуються нижче.

Так, Л.О. Деревич запропонував розв'язувати перше з виділених завдань шляхом установаження оптимальної черговості обробки суден при максимальній концентрації ТЛ на кожному судні. Цей підхід, як показано в його статтях [5; 6], ґрунтується на правилі, що гласить: у першу чергу ТЛ належить направляти на судно з максимальною числовою оцінкою, яка визначається з відношення собівартості судна на стоянці до трудомісткості його обробки. Експериментальна перевірка цього правила за звітними даними Одеського порту показала, що воно є суворим, коли число ТЛ не перевищує межі їх концентрації на кожному судні, й гарантує задовільну для практики точність, якщо вказана умова не дотримується.

В.З. Ананьїна першою з українських вчених зуміла використати представлення лінійного програмування для розв'язання завдання про розподіл ТЛ між суднами при змінно-добовому плануванні обробки суден [7]. Доречно підкреслити, що інші дослідники, які теж зверталися до ідей лінійного програмування, розглядали обмірковане завдання за умовою, що кількості суден і ТЛ залишаються постійними протягом інтервалу управління. В.З. Ананьїна усунула це обмеження й запропонувала лінійну модель процесу обробки суден, у якій враховується можливість змінювання в часі складу суден і кількості ТЛ.

О.Р. Магамадов, досліджуючи проблему оптимізації оперативного планування ПОС, висунув питання про розподіл між суднами не тільки ТЛ, але й також інших перевантажувальних ресурсів (причалів та складських ємностей) і запропонував відокремлювати розподіл множин (М-розподіл) і кількостей (К-розподіл) згаданих ресурсів [8]. При цьому у випадку М-розподілу ресурсів керовані рішення повинні прийматися виходячи з взаємної відповідності суден (вантажів) і ресурсів. У той же час К-розподіл ресурсів ґрунтується на дотриманні обмежень, що пов'язані з параметрами й характеристиками як суден, так і ресурсів.

Разом з цим, О.Р. Магамадов займався створенням математичних моделей завдань про розподіл і використання ТЛ при оперативному плануванні ПОС. Йому належить пріоритет у розробці перших коректних моделей вказаних завдань, які опубліковано на початку 1970-х років [8]. Ці моделі відрізняє також відверта орієнтація на дотримання практично актуальних умов організації обробки суден.

Створенню методології ВОУ сприяли дослідження інших учених ОІМФ, а саме О.А. Малаксіано (оперативний аналіз показників ПОС), Г.П. Столярова (оперативне регулювання ПОС), В.С. Боровського (обґрунтування оперативної пропускної спроможності), О.М. Котлубая (координація і взаємодія підприємств транспортних вузлів), П.А. Макушева (установлення оперативної спеціалізації причалів і складів портів), С.С. Островського (погодження умов ПОС).

Завдяки зазначеним досягненням на початку 1970-х років розгорнулись роботи по реалізації ВОУ у складі автоматизованої системи управління портом (АСУ «Порт»), а саме комплексів завдань «Оперативне планування роботи порту в оптимальному режимі» (ОПОРТ) та «Оптимальний технічний план-графік обробки судна» (ОТПГОС), які пізніше об'єднали в один комплекс завдань під назвою «Безперервний план-графік роботи порту» (БПГРП).

У розробці комплексів завдань ОПОРТ і БПГРП приймали участь науковці з ОІМФ Л.О. Деревич, Т.С. Смолянкін і М.С. Татаренко. Вони працювали над питаннями наукового забезпечення розподілу ТЛ та інших перевантажувальних ресурсів між суднами. Одночасно їх колеги О.Р. Магамадов, П.А. Макушев, В.І. Москвічов і Є.Д. Тодорова виконали техно-робоче проектування комплексу завдань ОТПГОС і впровадження його у великих портах України.

Якщо розглядати отримані при розробці АСУ «Порт» результати в сукупності, то можна зробити висновок, що вони безумовно сприяли виявленню напрямків подальшого вдосконалення методології ВОУ. На жаль, припинення робіт з проектування АСУ «Порт» у 1981 році обернулося втратою активності дослідників щодо питань подальшого розвитку ВОУ, внаслідок чого на протязі наступного чверть століття публікацій з дійсно новими результатами за вказаною проблематикою не з'явилося.

Ситуація застою в дослідженнях ВОУ зберігалася до початку поточного століття, коли окреслилася орієнтація дослідників на розв'язання теоретичних проблем удосконалення ВОУ у системній постановці. Найбільш чітко цей напрям відзеркалено в статтях О.Р. Магамадова [9; 10].

Разом з цим на протязі 2014-2017 років з серією статей виступив аспірант ОІМФ Ю.Ю. Крук. Він узагальнив свої наукові результати в дисертації [11], де

виклав методичні основи і практичні рекомендації з підвищення ефективності діяльності операторів портових терміналів на основі методів адаптивного управління і логістичної концепції. В ділянці ВОУ «Суднові роботи» дисертант звернувся до завдань про розподіл та використання ТЛ при обробці суден за допомогою лінійних моделей у поєднанні з евристичними правилами.

**Сучасний етап розвитку.** Принципово важливим явищем на початку XXI століття є повернення дослідників ВОУ до проблеми автоматизації управління портом. Такий крок здійснив Ю.І. Овсянніков, випускник ОІМФ, віцепрезидент стивідорної компанії «Новотех-Термінал», що оперує в Одеському порту. Під його керівництвом та при безпосередній участі фірмою CYVIS створено й впроваджено у виробництво аналог АСУ «Порт» під назвою «Цифрова диспетчерська» («Digital Dispatch») [12]. Ця система спроможна забезпечувати в режимі «on line» реалізацію усіх загальних функцій управління у застосуванні до виробничого процесу компанії у цілому, вантажоперевалювальних машин, засобів внутрішньопортового транспорту та їх операторів. Досвід експлуатації «Цифрової диспетчерської» підтвердив її працездатність, надійність та високу ефективність.

З вищевикладеного випливає, що далі дослідницькі й проєктні роботи з автоматизації ВОУ належить здійснювати у відповідності з ідеологією розробки автоматизованих систем управління, які подібні до «Цифрової диспетчерської». За такою умовою найбільшу актуальність набуває, як підкреслювалося вище, створення теорії й методів системної оптимізації управління ПОС шляхом переходу від локальної до системної оптимізації.

Питання про необхідність розробки саме цього напрямку дослідження проблем системної оптимізації управління ПОС розглянуто у першій постановці в [13], де показано, що його розв'язання можливо при дотриманні умови погодження показників, які визначаються в результаті вирішення завдань про розподіл і використання перевантажувальних ресурсів в єдності зі складанням планів обробки суден на різні планові періоди. Узагальнення вказаного питання виконано сучасними науковцями ОНМУ О.В. Кирилловою і В.Ю. Кирилловою, О.Р. Магаматовим, Н.Л. Павловою та Б.В. Шурінін і опубліковано в [14] у формі концепції, якою передбачається:

- розглядання ПОС у постановці «від швартування суден до причалів до відшвартування їх від причалів»;
- розробка механізму управління ПОС, починаючи з обґрунтування його організаційно-функціональної структури як єдності складу й порядку вироблення керованих впливів на ПОС із метою забезпечення максимальної вигоди для порту й інтересів портової клієнтури;
- розробка методичного інструментарію для формування агрегованих циклів обробки суден, фіксації інтервалів управління судновими роботами, реалізації функціональної моделі адаптивного управління ПОС у режимах ситуаційного й «ковзного» планування при поєднанні програмного управління з управлінням, що слідкує й стабілізує.

У [14] показано також, що тактика управління завантаженням/розвантаженням суден у рамках агрегованих циклів дозволяє виключити виникнення проблеми

«хвосту» процесу за межею планового періоду, а при «ковзному» плануванні стає можливим використання інформації про судна, вантажі й перевантажувальні ресурси портів, яка постійно обновлюється.

Методичну складову забезпечення системної оптимізації управління ПОС створюють методи розв'язання завдань, що обумовлюються змістом управління процесом завантаження/розвантаження суден, коли цей процес розглядається в постановці «від швартування суден до причалів до їх відшвартування від причалів». Першим з указаних завдань передбачається визначення пріоритету суден на першочергову обробку.

Дане завдання виникає в ситуації, коли кількість суден, які претендують на отримання причалу для обслуговування в одну і ту ж саму дату, перевищує кількість вільних причалів (і/або інших видів портових перевантажувальних ресурсів).

Суть цієї ситуації, якщо її розглядати через призму ринкових відносин в економіці, полягає в тому, що перед портом встає природне питання, якому судну (яким суднам) слід надати перевагу і обробляти в першу чергу з метою вилучення максимальної для себе вигоди.

Така постановка питання є правомірною в силу того, що завдання, яке розглядається, є багатоваріантне, оскільки для  $r$  суден існує  $r!$  варіантів розташування їх у черзі. При цьому варіанти розв'язання завдання в загальному випадку відрізняються неоднаковими економічними наслідками для портів.

Для вирішення цього завдання можна застосувати різні підходи, в тому числі які засновані на використанні вирішальних правил, що адекватні економіко-експлуатаційній сутності завдання.

Покажемо, що такого роду правила вдається сконструювати, виходячи з таких передумов:

- час стоянки суден в порту складається з часу їх завантаження (розвантаження) і очікування причалу;
- тривалість вантажної обробки суден за інших однакових умов не залежить від черговості їх обслуговування;
- всі судна, які претендують одночасно на один і той же причал, можуть оброблятися послідовно;
- черговість обробки суден у цілому по порту формується шляхом встановлення локальних черг до окремих причалів;
- розрахунки між портом і його клієнтурою в особі судно- і вантажовласників можуть проводитися як до початку, так і після завершення обробки суден, тобто в формі відповідно передоплати і постоплати;
- грошові кошти від передоплати портових послуг, що надійшли на банківський рахунок порту, відразу починають «працювати», наприклад, в складі депозиту порту, а кошти від постоплати як потенційний дохід порт «заморожує» на час обробки суден.

Відзначимо також, що необхідність у шуканому вирішальному правилі виникає в двох випадках:

- по-перше, на предплановому етапі, коли в порт надходять попередні нотиси суден і визначаються гарантовані портом дати надання їм причалів;

• по-друге, протягом планового періоду, коли судна прибули під обробку в дати, що підтверджені портом.

Розглянемо характерні для обох випадків ситуації, починаючи з встановлення черговості їх обслуговування на передплановому етапі.

Будемо розглядати завдання в такій постановці. Нехай в якийсь порт надійшли попередні нотиси від  $r$  суден ( $k = \overline{1, r}$ ) з заявками на початок обслуговування в одну і ту ж дату, а порт може надати в ту дату причал тільки одному судну. Виникає питання, в якій послідовності порту найвигідніше взяти судна до обслуговування. Відповідь на це питання будемо шукати за наступною схемою міркувань.

Виберемо в розглянутій сукупності суден будь-які два судна і дамо їм шифри  $k = 1, k = 2$ . Розглянемо варіанти черговості прийняття суден до обробки  $k = 1, k = 2$  і  $k = 2, k = 1$ , вважаючи, що діє правило передоплати портових послуг, а тривалість обробки кожного судна приймається рівним сталійному часу (позначимо його  $T_k^0, k = \overline{1, r}$ ).

Очевидно, що при черговості  $k = 1, k = 2$  порт отримає передоплату спочатку по судну  $k = 1$  ( $D_1$ ), а після завершення його обслуговування по судну  $k = 2$  ( $D_2$ ).

Домовимося вважати, що передоплата  $D_1$ , яка надійшла на депозитний рахунок порту в банку, «працює» протягом як мінімум періоду обслуговування обох суден ( $T_1^0 + T_2^0$ ), а передоплата  $D_2$  – протягом часу обробки судна  $k = 2$  ( $T_2^0$ ). Зрозуміло, що при черговості  $k = 2, k = 1$  буде мати місце зворотна картина, тобто передоплата  $D_1$  проявиться на відрізку  $T_1^0$ , а передоплата  $D_2$  буде «працювати» на протязі періоду ( $T_2^0 + T_1^0$ ).

Відзначимо, що обмеження розглянутого інтервалу часу періодом ( $T_1^0 + T_2^0$ ) або ( $T_2^0 + T_1^0$ ) є правомірне, тому що за його межами будь-який відрізок часу є однаковим для обох варіантів черговості, в силу чого його не слід брати до уваги.

Неважко зрозуміти, що загальний дохід порту (сума передоплати з нарахуваннями на депозит при обслуговуванні суден в послідовності  $k = 1, k = 2$  ( $D_{1,2}$ )) можна визначити за формулою

$$D_{1,2} = D_1 + e \cdot D_1 \cdot (T_1^0 + T_2^0) + D_2 + e \cdot D_2 \cdot T_2^0, \quad (1)$$

де  $e$  – коефіцієнт, який враховує депозитні нарахування до доходу порту.

Аналогічно знаходиться сумарний дохід порту ( $D_{2,1}$ ) при черговості обслуговування суден  $k = 2, k = 1$ , тобто

$$D_{2,1} = D_2 + e \cdot D_2 \cdot (T_2^0 + T_1^0) + D_1 + e \cdot D_1 \cdot T_1^0. \quad (2)$$

З'ясуємо, за якої умови порту вигідніше обробляти судна в наміченій черговості, тобто коли  $D_{1,2} \geq D_{2,1}$ . З цією метою порівняємо в формі нерівності праві

частини співвідношень (1), (2). Тоді після відповідних алгебраїчних перетворень отримаємо  $D_1 \cdot T_2^0 \geq D_2 \cdot T_1^0$ . Розділивши обидві частини цієї нерівності на добуток  $T_1^0, T_2^0$ , отримаємо вираз

$$\frac{D_1}{T_1^0} \geq \frac{D_2}{T_2^0}, \quad (3)$$

з якого слідує, що порту вигідніше обробляти судна в черговості  $k = 1, k = 2$  в такому випадку, коли відношення  $D_1$  до перевищує відношення  $D_2$  до  $T_2^0$ .

Позначивши

$$\lambda_k = \frac{D_k}{T_k^0}, \quad k = \overline{1, r}, \quad (4)$$

будемо називати параметр  $\lambda_k$  числовою оцінкою пріоритету  $k$ -го судна на першочергову обробку.

Розрахував оцінки  $\lambda_k$  й упорядкувавши їх за зменшенням (не зростанням)

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_k \geq \lambda_r, \quad (5)$$

приходимо до оптимальної послідовності обробки суден

$$\Omega = 1, 2, \dots, k, \dots, r. \quad (6)$$

Узагальнення цього висновку приводить до правила: на етапі передплатової орієнтації порту найбільш вигідною з точки зору порту є черговість обробки суден, сформована за зменшенням (незростанням) доходу порту від кожного судна.

Підкреслимо, що для сукупності  $r$  правило (4) дозволяє розв'язати завдання без повного перебору усіх кількості варіантів і звести обсяг обчислювальної роботи до розрахунку лише  $r$  пріоритетних оцінок  $\lambda_k$ .

Точно так само можна показати, що міркування за схемою (1)-(6) приводить до сформульованому вище правилу у випадках, коли портові послуги оплачуються:

- усіма клієнтами у формі постоплати;
- одними клієнтами у формі передоплати, іншими – у формі постоплати.

Досліджуємо тепер розглянуте завдання для планового етапу, вважаючи, що судна прибувають в порт в підтвержені дати, а порт не може приймати їх всіх відразу ж до обслуговування. Міркуючи так само, як у випадку етапу передплатової орієнтації порту, приходимо до висновку, що на плановому етапі пріоритетні оцінки суден потрібно розраховувати за формулою

$$\lambda_k = \frac{e \cdot D_k + d_k}{T_k}, \quad k = \overline{1, r}, \quad (7)$$

де  $T_k$  – планова (розрахункова) тривалість обробки  $k$ -го судна;

$d_k$  – ставка диспачу ( $d_k^d$ ) й демереджу ( $d_m^c$ ) за умовою їх рівності, тобто  $d_k = d_k^c + d_m^c$ .

При цьому послідовність обробки суден устанавлюється у відповідності з (5)-(6).

За такою умовою правило розв’язання завдання, що розглядається, формулюється наступним чином: протягом планового етапу найбільш вигідною з точки зору порту є черговість обробки суден, що формується за зменшенням відношень депозитних збільшень доходу порту в сумі зі ставками диспачу (демереджу) до розрахункової тривалості обробки суден.

Після устанавлення черговості обробки суден належить перейти до розподілу причалів між суднами. Вибір цього завдання в якості початкового кроку розподілу перевантажувальних ресурсів порту між суднами обумовлюється тим, що всі інші завдання можна розглядати лише після того, як буде визначено місце стоянки кожного судна в порту – біля конкретного причалу або на рейді в очікуванні причалу. Зміст завдання полягає в розбитті безлічі розглянутих суден на підмножини, що «замикаються» на окремі причали. В результаті його розв’язання відбувається формування «вертикальних» черг суден до окремих причалів, відповідно з їх пріоритетом на першочергову обробку.

Розглянемо завдання в загальній постановці, тобто в припущенні, що сукупність суден, обробку яких потрібно організувати, можна виконати на групі вузькоспеціалізованих та універсальних причалів.

Очевидно, що при зазначеній умові, розглянуте завдання природним чином розпадається на дві відокремлені частини, перша з яких охоплює підмножину вузькоспеціалізованих причалів, а друга відноситься до підмножини універсальних причалів.

Зрозуміло також, що до кожного вузькоспеціалізованого причалу сформується «вертикальна» черговість суден за ознаками роду вантажу і планових дат початку їх обробки. У разі ж універсальних причалів виникає комбінаторна задача, зміст якої характеризується наступним чином.

Нехай на  $z$  причалах ( $b = \overline{1, z}$ ) планується одночасна обробка  $r$  суден ( $k = \overline{1, r}$ ), причому  $r > z$ . Допускається постановка любого судна на любой причал. При цьому час обробки кожного судна передбачається в загальному випадку неоднаковим на різних причалах.

Опустивши викладки, відзначимо, що сформульована задача може бути вирішена з використанням числових оцінок пріоритету суден для кожного причалу, тобто за параметром  $\lambda_{kb}$ , ( $k = \overline{1, r}$ ;  $b = \overline{1, z}$ ).

Оцінки  $\lambda_{kb}$  заносяться до таблиці (матриці), в рядках якої розміщуються судна, а в стовпчиках – причали (або навпаки). Після цього розшукується максимальна оцінка  $\lambda_{kb}$ , по ній фіксуються відповідні судно і причал, які потім виключаються з розгляду. Далі знаходиться наступна по величині оцінка  $\lambda_{kb}$ , по якій фіксується наступне судно й причал, які також виключаються з подальшого розгляду. Ця процедура продовжується з урахуванням звільнення раніше зайнятих причалів до тих пір, поки всі  $r$  суден не будуть закріплені за «своїми» причалами.

Далі стає можливим перехід до розв'язання завдання з вибору технології обробки суден, яке має сенс в ситуації, коли необхідно організувати розвантаження декількох суден одночасно. Зміст завдання полягає в знаходженні такого набору технологічних схем вантажних робіт, при якому перевантажувальний процес може бути здійснений найбільш ефективно з точки зору порту.

З експлуатаційного змісту завдання слідує, що при його розв'язанні одночасно вирішується питання щодо розподілу між суднами (точніше між вантажами, які прибувають на суднах) такого виду перевантажувальних ресурсів порту, якими є складська ємність (площа), порожні залізничні вагони (склади «на колесах»), портові плавзасоби (склади «на плаву»). Дане завдання є в загальному випадку багатоваріантним і може розглядатися в оптимальній постановці, якщо допускається розміщення кожного вантажу у різних складах. При цьому основними умовами завдання є: забезпечення вивантаження усієї кількості вантажу по кожному судну; використання складської ємності або площі, завантаження вагонів, барж в межах її наявності; мінімізація сумарних витрат порту по всій розглянутій сукупності суден (вантажів).

При перерахованих умовах обговорюване завдання легко зводиться до економіко-математичної моделі, заснованої на розподільній задачі лінійного програмування, що виконано в [8; 13].

У разі завантаження суден завдання вибору варіантів вантажоперевалювання спрощується завдяки тому, що при складанні вантажних планів суден величини партій вантажів по найменуванню, їх початкові і кінцеві позиції (відповідно на складах, в вагонах, баржах і на суднах) однозначно фіксуються. Тим самим фіксуються і технологічні схеми перевалювання вантажів, якщо і не однозначно, то з дуже малою варіацією, що практично зводить до нуля «оптимальну складову» завдання.

Підкреслимо, що в результаті розв'язання даного завдання вдається знайти не тільки найбільш вигідний з економічної точки зору план завантаження (розвантаження) суден, а й визначити конкретно технологічні схеми, а тим самим і продуктивність перевантаження вантажу (відповідно до технологічних ліній), яку необхідно знати для розв'язання наступних завдань розподілу і використання ТЛ на судових роботах.

Наступною ланкою методичного забезпечення системної оптимізації ПОС є методика визначення рівнів концентрації ТЛ на суднах. Цей показник знаходиться з відношення завантаження судна до добутку розрахункового часу його обробки,

середньозваженої продуктивності ТЛ і коефіцієнту зниження її при сумісній роботі двох і більше ліній на одному люці. При цьому в якості розрахункового часу може прийматися сталійний або плановий (договірний) час завантаження/розвантаження судна.

Звернемо увагу на ту обставину, що в розглянутих вище завданнях відображений попередній етап оптимізації управління ПОС, результати якого дозволяють обмежити область пошуку найбільш ефективного варіанту розподілу ТЛ між суднами, виходячи з оптимальної черговості їх обробки і економічно доцільного плану вантажної обробки суден.

На перший погляд, розв'язання зазначених завдань вирішує й питання розподілу ТЛ між суднами. Дійсно, виділяючи для обробки суден ТЛ відповідно до розрахункового рівня їх концентрації на кожному судні можна знайти і оптимальний план розподілу ТЛ в даний момент часу.

Однак такий розподіл може залишатися постійним лише при незмінній кількості ТЛ і суден, що розглянуто в [13]. Але в загальному випадку виникає необхідність у перерозподілі ТЛ для кожного моменту часу, в який змінюється кількість ТЛ або суден, або і те й інше одночасно. У наслідок цього виникає потреба в розв'язанні завдання про розподіл ТЛ між суднами, яке розглядається нижче за умовою, що одна частина суден обробляється постійною, а інша частина суден – змінною кількістю ТЛ.

З врахуванням відмічених обставин завдання розподілу ТЛ між суднами слід розглядати в наступній постановці. Нехай на інтервалі часу  $[0, T]$ , розділеному на  $\delta$  відрізків (наприклад, робочих змін), планується обробка  $r$  суден. При цьому для кожного судна та кожної зміни відомі наступні величини: початкове (залишкове) завантаження суден –  $Q_k$ ; середньозважена продуктивність ТЛ під час обробки суден –  $P_k$ ; кількість ТЛ, яку можна використовувати для обробки суден у зміну –  $n_\gamma$ ; загальний резерв машинного часу ТЛ за зміну –  $\theta_\gamma$ ; межа концентрації ТЛ на судах позмінно –  $\overline{n_{k\gamma}}$ ; гранична тривалість обробки суден позмінно –  $\overline{t_{k\gamma}}$ ; ефективність однієї машино-години ТЛ під час обробки суден позмінно –  $C_{k\gamma}$ .

Потрібно розподілити ТЛ між суднами в кожну зміну таким чином, щоб:

- забезпечувалося планове завантаження (розвантаження) суден –  $Q_k$ ;
- передбачалося використання позмінно планової кількості ТЛ –  $n_\gamma$ ;
- забезпечувалося використання машинного часу ТЛ в межах його резерву –  $\theta_\gamma$ ;
- сумарний ефект, який досягається портом за результатами ПОС, був би максимальним.

Відзначимо, що в наведеній постановці завдання критерій оптимальності розподілу ТЛ між суднами задається у формі критерію ефективності використання ТЛ. Такий підхід в даному випадку є правомірним, так як основні параметри моделі (продуктивність і рівні концентрації ТЛ на судах, що забезпечують мінімум витрат

порту) визначаються при вирішенні попередніх завдань вибору технології завантаження/розвантаження суден і визначення рівнів концентрації на них ТЛ.

Побудову математичної моделі завдання, слід починати, як відомо, з вибору змінних (параметрів управління) моделі. Якщо до вирішення цього питання підходити прямолінійно («катакувати у лоб»), то можна прийняти в якості змінних кількість ТЛ, яка запланована до використання на судах позмінно ( $n_{k\gamma}$ ), та планову тривалість обробки суден позмінно ( $t_{k\gamma}$ ). Але такий підхід приводить до нелінійної моделі в силу того, що в її співвідношеннях легко «проглядається» добуток змінних  $n_{k\gamma}$  та  $t_{k\gamma}$ .

Однаке задачу можна звести до лінійної моделі. З цією метою слід здійснити наступні перетворення вихідних даних:

- вказати завантаження суден через трудомісткість їх обробки ( $Q_k$ ):

$$\frac{Q_k}{P_k} = \theta_k, \quad k = \overline{1, r}; \quad (8)$$

- ввести показники резерву машинного часу ТЛ для обробки суден позмінно – планового (розрахункового)  $x_{k\gamma}$  та граничного  $\overline{x_{k\gamma}}$ , які визначаються за формулами

$$\left. \begin{aligned} x_{k\gamma} &= t_{k\gamma} \cdot n_{k\gamma}; \\ \overline{x_{k\gamma}} &= \overline{t_{k\gamma}} \cdot \overline{n_{k\gamma}}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Прийнявши в якості змінних величини  $x_{k\gamma}$ , приходимо до наступної лінійної моделі:

$$0 \leq x_{k\gamma} \leq \overline{x_{k\gamma}}, \quad k = \overline{1, r}, \quad \gamma = \overline{1, \delta}; \quad (10)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\delta} x_{k\gamma} = \theta_k, \quad k = \overline{1, r}; \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^r x_{k\gamma} \leq \theta_{\gamma}, \quad \gamma = \overline{1, \delta}; \quad (12)$$

$$\max(\min) F(x) = \sum_{\gamma=1}^{\delta} \sum_{k=1}^r C_{k\gamma} \cdot x_{k\gamma}. \quad (13)$$

Співвідношення отриманої моделі мають такий змістовний сенс. У обмеженні (10) об'єднані умови невід'ємності змінних і неперевикнення граничного резерву машинного часу ТЛ для обробки суден позмінно. Обмеження (11) передбачає забезпечення планового завантаження/розвантаження суден. Умова (12) обмежує використання машинного часу ТЛ позмінно в межах його резерву.

Цільовою функцією (13) передбачається забезпечення найбільш ефективної реалізації ПОС.

Відмітимо, що коефіцієнти при змінних в цільовій функції  $C_{ky}$  є величини, яким можна поставити у відповідність числові оцінки пріоритету суден  $\lambda_{ky}$  з диференціацією їх позмінно. За такої умови задача повинна вирішуватися на максимум функціоналу (13).

Відмітимо також, що за допомогою оцінок  $C_{ky}$  можна враховувати обмеження на тривалість обробки суден. У такому випадку оцінки приймаються в якості умовних. Їх числові значення задаються для планових термінів обробки суден найбільшими, коли модель завдання вирішується на максимум, та найменшими (але більші за нуль) під час реалізації моделі на мінімум цільової функції.

Важливо підкреслити, що в результаті розв'язання розглянутого завдання не тільки знаходиться оптимальний план розподілу ТЛ між суднами протягом періоду  $[0, T]$ , але й вирішується ряд пов'язаних з плануванням ПОС питань. Зокрема, встановлюється «горизонтальна» черговість обробки суден: на початку планового періоду – по першочерговим суднам усіх причалів, в подальшому – по всім судам, що знаходяться одночасно під обробкою.

Отже, в результаті розв'язання досліджуваного завдання визначаються розрахункові рівні концентрації ТЛ на судах. Вони можуть бути для одних суден постійними, а для інших суден змінними. В обох випадках виникає питання й одночасно завдання про забезпечення ефективного використання ТЛ у процесі обробки суден шляхом складання оперативних планів обробки суден (ОПОС) у вигляді календарного плану.

Розглянемо це завдання спочатку за умови, що для обробки судна від початку до кінця може використовуватися постійна кількість ТЛ. В цьому випадку процедурі складання ОПОС відповідає рішення в загальному випадку багатоваріантної оптимізаційної задачі з використанням математичної моделі, що наведено, наприклад, у [9; 11].

Відзначимо, що в результаті реалізації моделі з [9] знаходиться оптимальний план, компонентам якого відповідають відрізки часу, протягом кожного з яких розміщення ТЛ на судні залишається незмінним. При цьому зазначеними відрізками часу охоплюються свого роду «смуги» ОПОС з постійним закріпленням ТЛ за люками судна. «Склеювання» таких «смуг» в певній послідовності дозволяє отримати календарний план обробки судна.

Реалізація моделі, що запропоновано в [11], дозволяє знаходити відрізки часу роботи кожної ТЛ на відповідних їй люках судна, що являє собою вихідні дані для наступного складання мережевого графіку й діаграми Ганта обробки судна.

Розглянемо тепер завдання за умови, що кількість ТЛ, яка використовується для обробки судна, періодично змінюється, тобто

$$n_1 \neq n_2 \neq \dots n \dots \neq n_\gamma \dots \neq \lambda_\delta, \quad (14)$$

де  $\gamma$  – шифр (порядковий номер) зміни ( $\gamma = \overline{1, \delta}$ );

$n_\gamma$  – кількість ТЛ, яка виділяється для обробки судна за зміну  $\gamma$ .

Введемо необхідні додаткові позначення:

$T$  – розрахунковий час обробки судна;

$x_{\gamma\alpha}$  – проміжки часу, протягом яких розстановка ТЛ  $\alpha$  на судні протягом зміни  $\gamma$  не змінюється;

$\Pi_{i\gamma\alpha}$  – інтенсивність обробки судна, яка диференційована по люкам ( $i$ ), позмінно ( $\gamma$ ) та за варіантами розстановки ТЛ ( $\alpha$ );

$t_\gamma$  – тривалість зміни  $\gamma$ ;

$\lambda_\gamma$  – пріоритетні оцінки для кожного судна та робочих змін, які задаються за правилом

$$\lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_\gamma < \dots < \lambda_\delta. \quad (15)$$

У прийнятих позначеннях задача зводиться до лінійної моделі, яка має такий вигляд:

$$T = \sum_{\gamma=1}^{\delta} \sum_{\alpha=1}^{\omega} \lambda_\gamma \cdot x_{\alpha\gamma} \rightarrow \min; \quad (16)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\delta} \sum_{\alpha=1}^{\omega} \Pi_{i\gamma\alpha} \cdot x_{\alpha\gamma} = Q_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (17)$$

$$\sum_{\gamma=1}^{\delta} \sum_{\alpha=1}^{\omega} x_{\alpha\gamma} \leq T^0; \quad (18)$$

$$0 \leq x_{\gamma\alpha} \leq t_\gamma, \quad \gamma = \overline{1, \delta}, \quad \alpha = \overline{1, \omega}. \quad (19)$$

Отримана модель «читається» наступним чином: мінімізувати тривалість обробки судна ( $T$ ) під час забезпечення планової завантажки люків  $Q$  і дотримання сталійного часу ( $T^0$ ).

На основі результатів розв'язання завдань про розподіл і використання ТД на судових роботах складається ситуаційний план обробки суден(СПОС).

У загальному випадку цей процес включає наступні етапи:

- визначення сукупності суден, що приймаються до розгляду;
- розподіл ТЛ між суднами;
- розробка планів використання ТЛ на окремих суднах;
- формування показників робочих планів, включаючи змінно-добові плани і ОПОС.

Складання СПОС виконується з використанням методу, в основу якого покладена процедура балансування в часі потреби в ТЛ з їх наявністю. Цей метод реалізується наступним алгоритмом, який включає 12 кроків.

На кроці 1 готуються вихідні дані для складання СПОС.

На кроці 2 визначаються розрахункові рівні ТЛ на суднах.

На кроці 3 розв'язується завдання розподілу ТЛ між суднами по змінах.

На кроці 4 визначається потрібна кількість ТЛ для обробки суден по змінах шляхом підсумовування їх концентрації на окремих суднах.

На кроці 5 порівнюється потреба в ТЛ з їх наявністю. При цьому можливі наступні результати:

– наявна кількість ТЛ у кожному зміні достатня для обробки всіх суден. У цьому випадку здійснюється перехід до кроку 10;

– наявна кількість ТЛ за змінами недостатня для обробки всіх суден у відповідності з заданими обмеженнями на тривалість їх стоянкового часу. У цьому випадку виникає необхідність у корегуванні зазначених обмежень, тобто вихідних даних. Це вимагає перехід від кроку 5 до кроку 1;

– для однієї підмножини змін кількість ТЛ достатня для обробки всіх суден, а для іншої підмножини змін вона недостатня. При такому результаті здійснюється перехід до кроку 6.

– на кроці 6 визначається повна потреба в ТЛ для обробки суден протягом планового періоду.

– на кроці 7 розраховується загальна наявність ТЛ протягом планового періоду.

– на кроці 8 порівнюється загальна потреба в ТЛ з їх загальною наявністю. При цьому можливі наступні результати:

– загальна наявність ТЛ покриває потребу в них. У цьому випадку відбувається перехід до кроку 9;

– наявна кількість ТЛ не покриває потреби в них протягом всього планового періоду, що вимагає корегування обмежень. У цьому випадку здійснюється перехід до кроку 1.

На кроці 9 складається СПОС;

На кроці 10 складається ОПОС для кожного судна.

На кроці 11 формуються показники змінно-добового плану роботи порту, шляхом «вихрещування» першої доби в ОПОС.

На кроці 12 оформлюються робочі форми СПОС і ОПОС.

**Висновок.** Виходячи із вищевикладеного правомірно стверджувати, що українські вчені в особі науковців декількох поколінь з ОІМФ-ОНМУ визначили загальний напрям становлення й розвитку теорії й методів оптимального управління ПОС у межах ВОУ. Хочеться вірити, що наступні покоління дослідників ОНМУ продовжать справу своїх предтеч і досягнуть ще більш вагомих наукових результатів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Шурін Б.В. Зародження і розвиток внутрішньопортового оперативного управління. Вісник Одеського національного морського університету. 2021. Вип. 1(64). С. 81-88.
2. Тимоновъ В.Е. Обь организации эксплуатационныхъ органовъ въ портах. Народная польза. 1899.

3. Сакович А.И. О рациональной расстановке перегрузочных машин при погрузке и разгрузке судов // *Морской флот*. 1948. № 7.
4. Татаренко Н.С. Методика определения стояночного времени судов, расстановки кранов и составления часовых графиков // *Морской флот*. 1952. № 4-5.
5. Деревич Л.О. Об оптимальной очередности обработки судов при их погрузке-выгрузке методом концентрации перегрузочных средств и рабочей силы. *Экономика и эксплуатация морского транспорта*. 1965. Вып. 2.
6. Деревич Л.О. Обработка судов методом концентрации перегрузочных средств. Труды научной конференции ВУЗов ММФ по некоторым вопросам эксплуатации морского транспорта // *Морской транспорт*. 1962.
7. Ананьина В.З. Постановка задачи суточного планирования оптимальной организации обработки судов в порту // *Морские порты*. 1970. Вып. IV.
8. Магамадов А.Р. Оптимизация режима обработки судов в порту при оперативном планировании: дис канд. техн. наук: 05.22.19. Одесса, 1973.
9. Магамадов А.Р. Система оптимального внутрипортового оперативного планирования (концепция ОИИМФ-ОНМУ). // *Вісник Одеського національного морського університету*. 2005. Вип.17.
10. Магамадов О.Р. Оптимізація оперативного управління обслуговуванням суден у портах-орендодавцях *Вісник Одеського національного морського університету*. 2015. Вип.1(43).
11. Крук Ю.Ю. Методи адаптивного управління діяльністю оператора портового терміналу: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Одеса, 2017.
12. Овсянников Ю. Цифровая диспетчерская – новое слово в управлении грузовыми работами и техникой // *Судоходство*. 2019. № 10.
13. Магамадов А.Р. Оптимизация оперативного планирования работы порта. 1979.
14. Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Кириллова В.Ю., Павлова Н.Л., Шурін Б.В. Системна оптимізація управління процесом обробки суден // *Вісник Одеського національного морського університету* 2021. Вип. 3(66).

#### REFERENCES

1. Kyryllova, O.V. & Magamadov, O.R. & Shurin, B.V. (2021) *Zarodzhennya y rozvytok vnutrishn'oportovoho operatyvnoho upravlinnya* [Origin and development of in-port operational management]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu*, (1 (64)) [in Ukrainian].

2. Timonov` V.E. (1899) *Ob` organizaczi`i e`ksploataczi`onny`kh` organov` v` portakh [On the organization of operational bodies in ports]. Narodnaya pol`za [in Russian].*
3. Sakovich A.I.(1948) *O raczional`noj rasstanovke peregruzochny`kh mashin pri pogruzke i razgruzke sudov [On the rational arrangement of reloading machines during loading and unloading ships]. Morskoy flot [in Russian].*
4. Tatarenko N.S.(1952) *Metodika opredeleniya stoyanochnogo vremeni sudov, rasstanovki kranov i sostavleniya chasovy`kh grafikov [Methodology for determining the parking time of vessels, placing cranes and drawing up hourly schedules]. Morskoy flot [in Russian].*
5. Derevich L.O.(1965) *Ob optimal`noj ocherednosti obrabotki sudov pri ikh pogruzne-vy`gruzke metodom koncentraczii peregruzochny`kh sredstv i rab ochej sily` [On the optimal sequence of handling ships during their loading and unloading by the method of concentration of reloading facilities and labor force]. E`konomika i e`ksploatacziya morskogo transporta. Vip. 2. [in Russian].*
6. Derevich L.O. (1962) *Obrabotka sudov metodom koncentraczii peregruzochny`kh sredstv [Processing of ships by the method of concentration of reloading facilities]. Trudy` nauchnoj konferenczii VUZov MMF po nekotory`m voprosam e`ksploataczii morskogo transporta. Morskoy transport. [in Russian].*
7. Anan`ina V.Z.(1970) *Postanovka zadachi sutochnogo planirovaniya optimal`noj organizaczii obrabotki sudov v portu [Statement of the problem of daily planning of the optimal organization of ship handling in the port]. Morskie porti. Vy`p. IV. [in Russian].*
8. Magamadov, A.R. (1973). *Optymyzatsyya rezhyma obrabotki sudov v portu pry operativnom upravlenyy [Optimization of the mode of processing of vessels in port at operational management]. Candidate's thesis. Odessa. [in Russian].*
9. Magamadov A.R. *Sistema optimal`nogo vnutriportovogo operativnogo planirovaniya (koncepcziya OIIMF-ONMU). Vi`snik Odes`kogo naczi`onal`nogo mors`kogo uni`versitetu. 2005. Vip.17.*
10. Magamadov O.R. *Optimi`zaczi`ya operativnogo upravli`nnya obslugovuvannyam suden u portakh-orendodavczyakh Vi`snik Odes`kogo naczi`onal`nogo mors`kogo uni`versitetu. 2015. Vip.1(43).*
11. Kruk Yu.Yu. *Metodi adaptivnogo upravli`nnya di`yal`ni`styu operatora portovogo termi`nalu: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.01.Odesa, 2017.*
12. Ovsyannikov Yu. *Czifrovaya dispetcherskaya – novoe slovo v upravlenii gruzovy`mi rabotami i tekhnikoj. Sudokhodstvo. 2019. # 10.*
13. Magamadov A.R. *Optimizacziya operativnogo planirovaniya raboty` porta. 1979.*

14. *Kyryllova O.V., Magamadov O.R., Kyryllova V.Iu., Pavlova N.L., Shurin B.V. (2021) Systemna optymizatsiia upravlinnia protsesom obrobky suden [System optimization of ship handling process management] Visnyk Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu, (3(66) [in Ukrainian].*

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2023*

**Посилання на статтю: Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Кириллова В.Ю., Павлова Н.Л., Шурін Б.В.** Еволюція наукових основ внутрішньопортового оперативного управління в працях вчених Одеського національного морського університету // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 3 (70). С. 122-142. DOI 10.47049/ 2226-1893-2023-3-122-142 .

*Article received 20.03.2023*

**Reference a journalartic: Kirillova E., Magamadov A., Kirillova V., Pavlova N., Shurin B.** Evolution of the scientific basis of inland port operational management in the works of odessa national maritime university scientists // Herald of the Odesa national maritime university. Coll. scient. works, 2023. № 3 (70). P. 122-142. DOI 10.47049/ 2226-1893-2023-3-122-142