

УДК 656.212

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РОЛКЕРНОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-ПАРОМНЫХ СООБЩЕНИЙ

Казимиренко Ю.А., Егольников А.А.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Николаевский колледж транспортной инфраструктуры
Украина, г. Николаев, пр. Героев, 9
E-mail: u.a.kazimirenko@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрено новое направление в решении научно-технической проблемы эксплуатации и технического обслуживания железнодорожно-паромных сообщений. Впервые разработана модель функционирования ролкерной транспортно-технологической системы для железнодорожного парома, реализованная с помощью новой информационной системы. Результаты работы могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ на объектах железнодорожно-водного сообщения, судостроительных и судоремонтных предприятиях.

Abstract. The article considers a new direction in solving the scientific and technical problems of operation and maintenance of railway and ferry connection. A new model of the functioning of the roller transport and technological system for a railway ferry has been developed; it has been implemented using a new information system. The results of the work can be used in carrying out of the research at the objects of railway and water communication, shipbuilding and ship-repair enterprises.

Xülasə. Məqalədə dəmir yolu-bərə əlaqələrinin istismarı və texniki xidmətlə bağlı elmi-texniki problemin həllində yeni bir istiqamət nəzərdən keçirilir. Məlumat sistemindən istifadə edərək dəmir yolu-bərə üçün rolker nəqliyyat və texnoloji sisteminin model funksiyasının hazırlanması həyata keçirilmişdir. Əldə olunmuş nəticələrdən dəmir yolu və su nəqliyyatı obyektlərində, gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələrində tədqiqat işlərinin aparılmasında istifadə edilə bilər.

Ключевые слова: железнодорожные паромы, техническое обслуживание, ролкерная транспортно-технологическая система, информационная система

Key words: railway ferries, maintenance, roller transport and technological system, information system

Açar sözlər: dəmir yolu bərələri, texniki xidmət, rolker nəqliyyat və texnoloji sistemi, məlumat sistemi

Постановка проблемы. Развитие государственной инфраструктуры основано на тесной взаимосвязи разных видов транспорта [1]. В работах [2, 3] авторами отмечены перспективы применения транспортно-технологических систем доставки грузов, развитие которых способствует дальнейшей интеграции Украины в Европейско-азиатском транспортном направлении. Несмотря на высокую стоимость организации морских паромных сообщений, применение железнодорожных паромов позволяет ускорить процесс грузооборота, существенно сократить стоимость погрузочно-разгрузочных работ и складских расходов.

Железнодорожные паромы (ролкеры или суда типа «Ro-Ro») – специализированные суда гражданского флота с горизонтальным способом погрузки и выгрузки, используются в линейном и трамповом судоходстве [2]. Технологии их обработки направлены на более эф-

фактивное и широкое укрупнение грузов и включают в себя операции накатывания вагонов и их крепление при загрузке, раскрепление и выкатывание при выгрузке.

Повышению конкурентоспособности паромных перевозок в Украине посвящены работы [2-5], в которых решение проблемных вопросов рассматривается с использованием логистических подходов. Однако авторами не учитываются структура и интермодальность ролкерных транспортно-технологических систем, в состав которых входят паромные суда, подъездные железнодорожные пути, береговые устройства для подачи подвижного состава на паром и вывода его с парома [2, 6].

Особенностью эксплуатации объектов железнодорожно-водного сообщения (припортовых железнодорожных и паромных станций, железнодорожных паромов) является синхронизация управляющих действий железнодорожных подъездных путей и автоматизированной работы морских портов [7]. Анализ современного состояния припортовых транспортных узлов Украины [2-5, 7-9] показал необходимость усовершенствования работы устройств железнодорожной автоматики, внедрения систем технического диагностирования и мониторинга, что непосредственно связано с исследованиями объектов обмена информацией между железнодорожными подъездными путями и загрузкой паромов.

Цель работы – исследование возможности повышения эффективности технического обслуживания транспортно-технологических систем железнодорожных паромов на основании принципов синхронизации управляющих действий железнодорожных подъездных путей и автоматизированной работой паромных переправ. Для этого необходимо решить **задачи**, связанные с исследованиями процессов функционирования ролкерных транспортно-технологических систем железнодорожного парома, моделирования ситуации повышения их эффективности и разработкой новой информационной системы обмена информацией при техническом обслуживании.

Исследование процессов функционирования ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожного парома. С позиций системного анализа [10] ролкерная транспортно-технологическая система (ТТС) представляет собой сложную систему с многозвеньевой структурой и их нелинейной обратной связью, где любое из звеньев (суда-паромы, береговые устройства для подачи подвижного состава, железнодорожные пути для обработки подвижного состава и его накопления перед подачей на паром, подъездные железнодорожные пути) можно рассматривать как самостоятельную систему с принципиально новыми свойствами. Наряду с высокой скоростью погрузки/выгрузки вагонов, снижением себестоимости обработки грузов, отсутствием необходимости в использовании специально оборудованных механизированных причалов и проч., ролкерные ТТС ограничены в полезной загрузке паромов из-за большого веса железнодорожных вагонов. Кроме того, окупаемость паромных перевозок зависит от сокращения времени нахождения судна в порту (паромной станции), а следовательно, и от степени организации работ с подвижным составом на подъездных путях и их загрузкой на паром.

Одним из показателей эффективной эксплуатации ролкерной ТТС является *срок оборота вагонов* [11] – для паромных перевозок представляет собой время между окончанием приемосдаточных операций при приеме вагонов со станции примыкания и их окончанием при загрузке на паромное судно. Эффективность обслуживания ролкерных транспортно-технологических систем определяется *резервами ускорения оборота вагонов на железнодорожных паромах* – качественного показателя, зависящего от технического уровня обслуживания подвижного состава, электрификации, оснащенности средствами и системами автоматизации, уровня подготовки и квалификации кадров. Кроме того, на ускорение оборота вагонов влияет сокращение простоев вагонов в припортовой зоне, своевременная подача информации об их подходе и загрузке, что требует максимальной совмещенности во времени операций работы железнодорожной автоматики и работы диспетчера паромной переправы.

Моделирование ситуации повышения эффективности функционирования ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожного паромов. Постановка задачи, характеристика, методы решения и краткое описание модели приведены в таблице 1.

В качестве целевой функции выбран срок оборота вагонов, для чего в ее математическом описании по формуле (1) учтены показатели норм нагрузки вагонов на палубу судна

$$t_{ov} = \sum_{j=1}^m t_n = \sum_{j=1}^m \frac{\sum_{i=1}^{i \leq n} X_{ji}}{N_{ji}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где t_{ov} – срок оборота вагонов – целевая функция модели; t_n – время обработки палубы; x_{ji} – количество вагонов на палубе; N_{ji} – норма нагрузки каждого из вагонов на палубу судна; m – число палуб.

Таблица 1

Характеристика и описание модели

Характеристика модели	Описание
Название	Модель функционирования транспортно-технологической системы железнодорожного паромов
Назначение	Повышение эффективности эксплуатации железнодорожных паромов за счет усовершенствования организационных работ и технического уровня обслуживания ТТС
Тип судов	Суда типа «Ro-Ro» дедевейтом до 50 т
Вид рейса	Линейный рейс небольшой протяженности, характеризующихся устойчивым грузопотоком
Гипотеза	Повышение эксплуатационной эффективности железнодорожных паромов достигается за счет сокращения срока оборота вагонов и максимальной загрузки железнодорожными вагонами паромных судов
Целевая функция	Минимизация срока оборотов вагонов
Требования к моделированию	Модель должна учитывать максимальную загрузку паромных судов с учетом особенностей рейса, автоматизации процесса загрузки и синхронизации обмена информацией
Реализация модели	Постановка и решение оптимизационной задачи с проектированием новой информационной системы обмена информацией при техническом обслуживании ролкерной ТТС
Методическое обеспечение и математический аппарат	
методы системного анализа [10] принципы максимальной эксплуатационной эффективности судна [12] Метод баланса масс и баланса площадей [13] Математический аппарат [14,15]	Дискретная оптимизация, реализованная с помощью объектно-ориентированного подхода
	Формирование граничных условий модели
	Статистическая задача оптимального планирования загрузки вагонами
	Математический аппарат генетических алгоритмов с постановкой оптимизационной задачи о ранце

В качестве граничных условий выбраны критерии повышения эффективности технического обслуживания ролкерных транспортно-технологических систем:

$$\begin{aligned} \Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= true \\ \Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \bar{P} \\ \Phi_3(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \bar{S} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}\Phi_4(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \bar{\tau} \\ \Phi_5(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \bar{d}_{onm} \\ \Phi_n\end{aligned}$$

где $\Phi_1(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ – критерий надежности устройств железнодорожной автоматики: параметрами функции являются показатели устройств железнодорожной автоматики (рельсовых цепей, стрелок, светофоров). Исправная работа устройств железнодорожной автоматики должна обеспечивать синхронизацию управляющих действий на подъездных путях и автоматизированную загрузку/выгрузку вагонов на судно;

$\Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция, определяющая последовательность загрузки вагонов в соответствии с условиями рейса, что связано с эксплуатационными требованиями минимальных сроков пребывания паромов на стоянках;

$\Phi_3(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция, характеризующая условия рейса: протяженность, глубину акватории, метеорологические условия. Так, например, непостоянный уровень воды и переменная осадка парома затрудняют переход от путей, расположенных на берегу, к путям на пароме;

$\Phi_4(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция синхронности действия, определяющих во времени передачу через информационную систему сведений о железнодорожных вагонах и работу диспетчера паромной станции;

$\Phi_5(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция проверки прочностных характеристик судна при его полной загрузке;

Φ_n – другие функции модели, определяющие особенности загрузки или эксплуатации судна, например, подачу вагонов на отдельные пути или боковой крен судна.

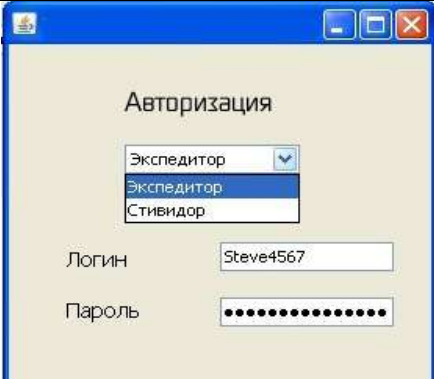
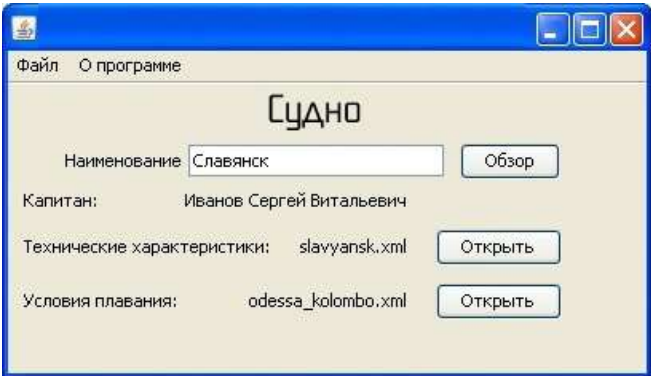
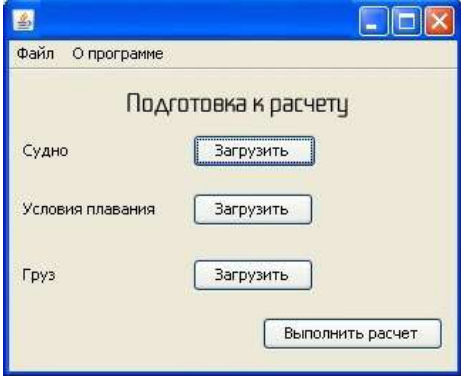
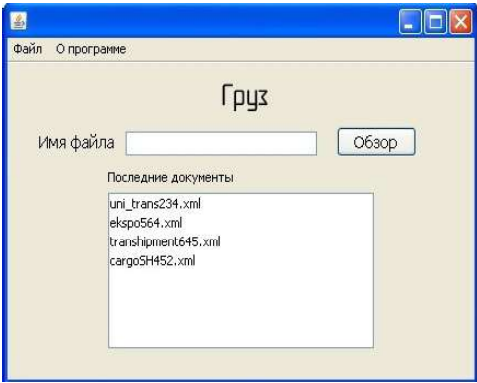
Разработка и реализация информационной системы. В основу проектирования информационной системы положены теория принятия решений [16] и объектно-ориентированный подход [17], позволяющие решать поставленные задачи на иерархическом уровне с использованием одного языка программирования, для чего авторами выбрана программная платформа Java [18]. Информационная система имеет блочную структуру, состоящую из блоков: сбора данных устройств железнодорожной автоматики на подъездных к причалу путях, а также информации о железнодорожных паромов, на которые загружаются вагоны; обработки информации; выполнения расчетов; формирования отчетов с графической интерпретацией информации; корректировки данных в ручном режиме. Теоретические основы проектирования информационной системы детально были рассмотрены авторами в работе [19]: в основу проектирования структуры положены принципы минимального дублирования данных и упрощения процедур их обработки и обновления, надежности и корректного реагирования на возможные нестандартные ситуации. Дальнейшие исследования связаны с ее апробацией и реализацией на практике. Клиентская часть системы управления базами данных (СУБД) связывает интерфейс пользователя с базой данных, как это наглядно показывает система окон (таблица 2).

Разработанная информационная система способствует внедрению гибких форм организации вагонопотоков и их загрузки на паром.

Перспективы дальнейших исследований связаны с апробацией разработанной модели функционирования ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожных паромов и новой информационной системы обмена информацией на объектах железнодорожно-водного сообщения.

Таблица 2

Главные окна компьютерной программы для работы с пользователями

Главные окна компьютерной программы	Функциональная характеристика
	Окно авторизации – предоставляет каждому из пользователей возможность быстрого поиска данных, их сравнения, сортировки по датам, названиям документов, а также просмотра полной информации, представленной в виде электронного журнала. При этом ввод новой информации и ее редактирование выполняется только администратором.
	Окно просмотра данных о судне – диалоговое окно, с помощью которого пользователь может получить информацию о железнодорожном пароме или другом каком-либо судне. Информация поступает из базы данных диспетчерской порта и содержит данные о технических характеристиках судна, условиях его плавания и капитане.
	Окно подготовки к расчету – предназначено для выполнения быстрых расчетных операций по подбору железнодорожных вагонов для загрузки парома с учетом условий его плавания. В опции «выполнить расчет» реализована предложенная авторами модель, где пользователь имеет возможность выбирать тип расчета (преобразование массы в нагрузку, расчет деформаций и т.д.); при изменении исходных параметров расчет можно перезапустить.
	Окно корректировки данных о загружаемых вагонах – предназначено для получения развернутого компьютерного анализа с целью принятия решений работниками службы движения, сигнализации и связи железнодорожной службы совместно с диспетчерской службой паромной переправы относительно поступления вагонов и их загрузки на паром.

* Названия судов и имена вымышленны.

Научное и практическое значение полученных результатов.

Работа представляют собой новое направление в решении научно-технической проблемы эксплуатации и технического обслуживания транспортно-технологических систем железнодорожно-паромных сообщений и является междисциплинарным исследованием, направленным на развитие методологических подходов к систематизации и обмену информацией как необходимой составляющей мониторинга. Полученные результаты могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ на объектах железнодорожно-водного сообщения (паромных переправах, припортовых железнодорожных станциях), а также на судостроительных и судоремонтных предприятиях.

Выводы

1. Проанализированы процессы функционирования ролкерной транспортно-технологической системы: отмечено, что повышения эксплуатационной эффективности железнодорожных паромов возможно за счет усовершенствования организационных работ и технического уровня обслуживания ТТС.

2. Предложена новая модель функционирования ролкерной транспортно-технологической системы, в основу разработки которой положена классическая задача о ранце, реализованная с помощью математического аппарата генетического алгоритма с минимизацией целевой функции, в качестве которой принято время оборота вагонов.

3. Разработана и реализована новая информационная система обмена информацией при техническом обслуживании ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожных паромов, в основу проектирования которой положены принципы синхронизации управляющих действий железнодорожной автоматики на подъездных путях и автоматизированной работы паромных переправ.

Литература

1. Кособокова, Е.Н. О моделировании работы станции обслуживания паромной переправы / Е.Н. Кособокова // Известия Петербургского университета путей сообщения. -2005. №1, - с. 11-18.
2. Ширяєва, Л. В. Аналіз можливостей використання залізничних поромів СК «УКРФЕРІ» для перевезення контейнерів / Л. В. Ширяєва, М. В. Шагіна // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті. -2017. №1 (58), -с. 76-89.
3. Бутько, Т.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів в умовах зростання вантажопотоків/Т.В. Бутько, Т.В. Головка//Збірник наук праць ДонІЗТ.-2006.-с.5-13.
4. Головка, Т. В. Удосконалення процесу взаємодії залізничного та водного транспорту на основі вимог логістики / Т. В. Головка, О. О. Паровик // Збірник наукових праць УкрДА-ЗТ, -2014, вип. 146. – с. 66-70.
5. Шелехань, Г. І. Застосування принципів системного аналізу для раціоналізації функціонування припортових вантажних станцій з обслуговування контейнерних потоків // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. –2013. – Вип. 137. -с. 130-134.
6. Милославская, С. В. Транспортно-технологические системы / С. В. Милославская, Ю. А. Почаев. -М.: Изд-во «Альтаир», -2004. -133 с.
7. Альошинський, Є. С. Дослідження етапів розподілу процесу переробки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях / Є. С. Альошинський, С. О. Світлична, Ю. Ю. Виборкова // Технологический аудит и резервы производства: науч. журн. -Х.: Технологический центр, -2013. №4/1(12), -с. 27-33.
8. Шеховцов, О. І. Автоматизоване робоче місце диспетчера залізничних перевезень порту / О. І. Шеховцов // Збірник наук. праць Дон ІЗТ. -2010. №24, -с. 62-68.

9. Функциональное моделирование работы железнодорожных станций [монография] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. -Днепропетровск, -2015. -269 с.
10. Згуровский, М. З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения: монография / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. Ин-т прикладного системного анализа НАН Украины. – [2-е изд., перераб. и доп.]. -К.: Наук. думка, -2011. -276 с.
11. Економіка залізничного транспорту: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного. Дніпропетр. Нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. –Дніпропетровськ: -2014. -480 с.
12. Некрасов, В. А. Модель функционирования судна, работающего в режиме последовательных рейсов / В. А. Некрасов, О. В. Панкова // 3б. наук. пр. НУК. -Миколаїв: НУК, -2009. № 1 (424), -с. 57-69.
13. Жилин, П. А. Рациональная механика сплошных сред [Текст] / П. А. Жилин. СПб: Изд-во политехн. ун-та, -2012. -584 с.
14. Gladkov L. A., Kurejchik V. V., Kurejchik V. M. (2004). *Genetic Algorithms*. Rostov-na-Donu: ООО «Rostizdat».
15. Колпаков, Р. М. Верхняя и нижняя оценки трудоемкости метода ветвей и границы для задачи о ранце [Текст] / Р. М. Колпаков, М. А. Посыпкин // Труды ИСА РАН, -2008. Т.2. -с. 137-158.
16. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. -М.: Радио и связь, -1993. -450 с.
17. Иванова, Г. С. Объектно-ориентированное программирование. Учебник. / Г. С. Иванова, Т. Н. Никишкина -М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, -2014. -456 с.
18. Сеттер, Р. В. Изучаем Java на примерах и задачах / Р. В. Сеттер. -М.: Наука и техника, -2016. -240 с.
19. Інформаційні управляючі системи і технології. Проблеми і рішення: монографія // Інформаційна підтримка технічного обслуговування систем залізнично-водного сполучення / Ю.О. Казимиренко, О.В. Дрозд, О.О. Єгольников. -Одеса ОНПУ: «Екологія», -2019. -151-161.

Мəqalə qəbul olunub: 06.03.2020
Təvsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov