

УДК 656.213:303.732.4

DOI: 10.15587/2312-8372.2020.200626

**СИСТЕМНО-АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНИХ
ПОРОМІВ**

Казимиренко Ю. О., Дрозд О. В., Єгольников О. О., Морозова Г. С.

**СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАРОМОВ**

Казимиренко Ю. А., Дрозд О. В., Егольников А. А., Морозова А. С.

**SYSTEM AND ANALYTICAL RESEARCH OF THE DEVELOPMENT OF
TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF RAILWAY FERRIES**

Kazymyrenko Y., Drozd O., Yeholnikov O., Morozova H.

Об'єктом дослідження є процеси розвитку транспортно-технологічних систем залізничних поромів як складних технічних систем. В ході дослідження використано системний підхід до вирішення науково-технічної проблеми підвищення ефективності технічного обслуговування залізнично-поромних сполучень, для чого застосовано графічний метод аналізу формування причинно-наслідкових зав'язків з побудовою діаграми Ісікави. За найбільш інформаційний критерій обрано резерв прискорення оборотів вагонів на залізничних поромках – якісну характеристику ефективного використання вагонного парку, яка безпосередньо залежить від скорочення простоїв вагонів у припортовій зоні, що є перспективним. Результати досліджень надають багатопланову картину, яка показує можливість скорочення часу знаходження судна у порту за рахунок підвищення технічного рівня організаційних робіт з рухливим складом на під'їзних шляхах і їх завантаженням на пором. А також виявляє вплив стану матеріально-технічної бази обслуговування рухомого складу та бази порту для завантаження поромів, сумісності дій роботи диспетчерських служб та необхідності відповідної інформаційної підтримки. Проте розвиток цих напрямів не можливий без забезпечення умов надійності засобів залізничної автоматики, автоматизації та телемеханіки, а також підвищення кваліфікації кадрів з їх обслуговування. Сумісність дій роботи диспетчерських служб реалізується через застосування гнучких форм організації вантажопотоків зі складанням оптимального каргоплану завантаження залізничного порому. Впровадження інформаційного забезпечення повинно враховувати синхронізацію дій інформаційних систем залізниці та порту, а також взаємозв'язок засобів автоматики з роботою поромної переправи, постійно оновлюватись за рахунок нових програмних

продуктів. На підставі проведеного аналізу складено програму заходів щодо розвитку транспортно-технологічних систем залізничних паромів.

Одержані результати спрямовано на підвищення оперативності, обґрунтованості та ефективності управлінських робіт з експлуатації засобів транспорту та можуть бути використані при виконанні дослідницьких робіт інших об'єктів залізнично-водного сполучення, зокрема припортових залізниць.

Ключові слова: залізничні поромы, технічне обслуговування, транспортно-технологічна система, залізнично-паромні сполучення, системний аналіз, складні технічні системи.

Объектом исследований являются процессы развития транспортно-технологических систем железнодорожных паромов как сложных технологических систем. В ходе исследований применен системный подход к решению научно-технической проблемы повышения технического обслуживания железнодорожно-паромных сообщений, для чего применен графический метод анализа формирования причинно-следственных связей с построением диаграммы Исикавы. В качестве наиболее информативного критерия выбран резерв ускорения оборота вагонов на железнодорожных паромах – качественную характеристику, свидетельствующую об эффективном использовании вагонного парка и непосредственно зависящую от сокращения простоев вагонов в припортовой зоне, что является перспективным. Результаты исследований предоставляют многоплановую картину, которая показывает возможность сокращения времени нахождения судна в порту за счет повышения технического уровня организационных работ с подвижным составом на подъездных путях и их загрузкой на паром. А также определяет влияние состояния материально-технической базы обслуживания подвижного состава и базы порта для загрузки паромов, совместимости действий работы диспетчерских служб и необходимости соответствующей информационной поддержки. Однако развитие этих направлений невозможно без обеспечения условиями надежности средств железнодорожной автоматики, автоматизации и телемеханики, а также повышения кадров их обслуживания. Совместная деятельность работы диспетчерских служб реализуется путем применения гибких форм организации грузопотоков с составлением оптимального каргоплана загрузки железнодорожного парома. Внедрение информационного обеспечения должно учитывать синхронизацию действий информационных систем и порта, а также связь средств автоматики с работой паромной переправы, постоянно обновляться за счет новых программных продуктов. По результатам проведенного анализа составлена программа мероприятий развития транспортно-технологических систем железнодорожных паромов.

Полученные результаты направлены на повышение оперативности, обоснованности и эффективности управленческих работ по эксплуатации средств транспорта и могут быть использованы при выполнении исследовательских работ других объектов железнодорожно-водного сообщения, включая припортовые станции.

Ключевые слова: *железнодорожные паромы, техническое обслуживание, транспортно-технологическая система, системный анализ, сложные технические системы.*

1. Вступ

Застосування поромних комплексів є перспективним і конкурентоспроможним способом доставки вантажів та спрямовано на розширення міжнародних транспортно-економічних зав'язків. За даними роботи [1] у Чорноморському регіоні нараховується 23 поромних сервіси, які забезпечують перевезення вантажних транспортних засобів між Україною, Грузією, Туреччиною, Болгарією, Росією: з них 5 – залізничні пороми. Тому підвищення ефективності технічного обслуговування залізнично-поромних сполучень є важливою науково-технічною проблемою, вирішення якої сприятиме збільшенню вантажопотоків.

Поромні станції являють собою високо розвинуту інфраструктуру для обробки поромних суден, завантаження їх автомобілями та залізничними вагонами, формування та розформування поїздів. Це вимагає синхронізованої роботи служб залізниці та порту, що забезпечується завдяки надійній експлуатації транспортно-технологічних систем (ТТС) – складного технологічного комплексу, який обслуговує поромні причали, берегові устрої та з'єднувальні завантажувальні мости, обладнані багатошляховими стрілочними переводами [2]. В роботі [3] розглянуто механізми технологічних процесів просування вагонопотоків: економічно вигідним є безперервне завантаження поромів з формуванням резерву вагонів. Транспортно-технологічні системи являють собою складні технічні системи [4]. Для них характерними ознаками є: зміна зовнішніх умов експлуатації, наявність великої кількості прямих і зворотних зав'язків з вагомою значимістю кожного з елементів. Постійне удосконалення існуючих і впровадження нових експлуатаційних заходів потребує системно-аналітичного дослідження ТТС задля визначення перспективних шляхів підвищення ефективності їх технічного обслуговування. Тому *об'єктом дослідження* є процеси розвитку транспортно-технологічних систем залізничних поромів як складних технічних систем. *Мета роботи* – в результаті системно-аналітичного дослідження виявити та встановити причинно-наслідкові зв'язки між заходами, які позитивно впливатимуть на підвищення ефективності експлуатації ТТС залізних поромів, з визначенням перспективних шляхів розвитку.

2. Методика проведення досліджень

Критичні ситуації, можливості зниження ризиків і відмов можна дослідити за допомогою FMEA-аналізу (Failure Mode and Effects Analysis) [5]. Ця технологія дослідження включає у себе складання та аналіз моделей об'єкта (комплектної, структурної, функціональної, потокової) та побудову діаграми Ісікави. Визначення причинно-наслідкових зав'язків за допомогою діаграми Ісікави [6] дає наочне уявлення про первинні та вторинні фактори. За критерій підвищення ефективності технічного обслуговування транспортно-технологічної системи залізничного порома

обрано резерв прискорення оборотів вагонів на залізничних поромках. Ця характеристика залежить від часу знаходження вагонів у припортовій зоні та свідчить про ефективне використання вагонного парку.

Процес дослідження являє собою систематизацію та аналіз заходів, використання яких сприятиме розвитку транспортно-технологічних систем залізничних поромів. Науково-методологічним підґрунтям для визначення чинників та їх взаємного зв'язку є наукові праці вчених у області:

- конструктивних особливостей берегових споруд і поромів [7];
- проектування поромних суден типу «Ro-Ro» і формування каргоплану [8, 9];
- організації сумісної роботи залізничних вузлів і порту [10];
- застосування системного аналізу в питаннях функціонування припортових залізниць [11];
- обслуговування засобів залізничної автоматики [12] та впровадження систем моніторингу на водному транспорті [13];
- розробки і впровадження інформаційних технологій на об'єктах залізнично-водного сполучення [14];
- управління інтелектуальними ресурсами на транспортних підприємствах [15].

3. Результати досліджень та їх обговорення

На побудованій діаграмі Ісікави (рис. 1), яка має вигляд «риб'ячої кістки», цільова функція зображена великою горизонтальною стрілкою («риб'ячий хребет»). «Великими ри�'ячими кістками» на діаграмі представлені важливі чинники, які безпосередньо впливають на ефективне використання всієї ТТС залізничного порому як складного організму, життєдіяльність якого пов'язана з високою кваліфікацією фахівців у міждисциплінарних областях залізничного та водного видів транспорту. «Сумісність дій роботи диспетчерських служб» залізниці та поромної станції (порту) є головною умовою успішного транспортного обслуговування вантажообігу. Цей фактор залежить від другорядних чинників: «Застосування гнучких форм організації вантажопотоків» і «Оптимальний каргоплан залізничного порома». Вони на діаграмі зображені як «дрібні кістки». Не менш важливими факторами слід вважати «Надійність засобів залізничної автоматики» і «Підвищення кваліфікації кадрів», які у свою чергу, безпосередньо впливають на «Матеріально-технічну базу обслуговування рухомого складу».

«Матеріально-технічна база порту для обслуговування поромів» є менш важливою складовою процесу підвищення ефективності технічного обслуговування ролкерної ТТС, що залежить від «Надійності засобів автоматики та телемеханіки» та «Взаємозв'язку залізничної автоматики з роботою поромної переправи». Ці «дрібні кістки» є також важливими для вживання «Інформаційної підтримки» проекту, обов'язковими умовами для якої є «Синхронізація дій інформаційної системи залізниці та порту» та «Розробка нових програмних продуктів».

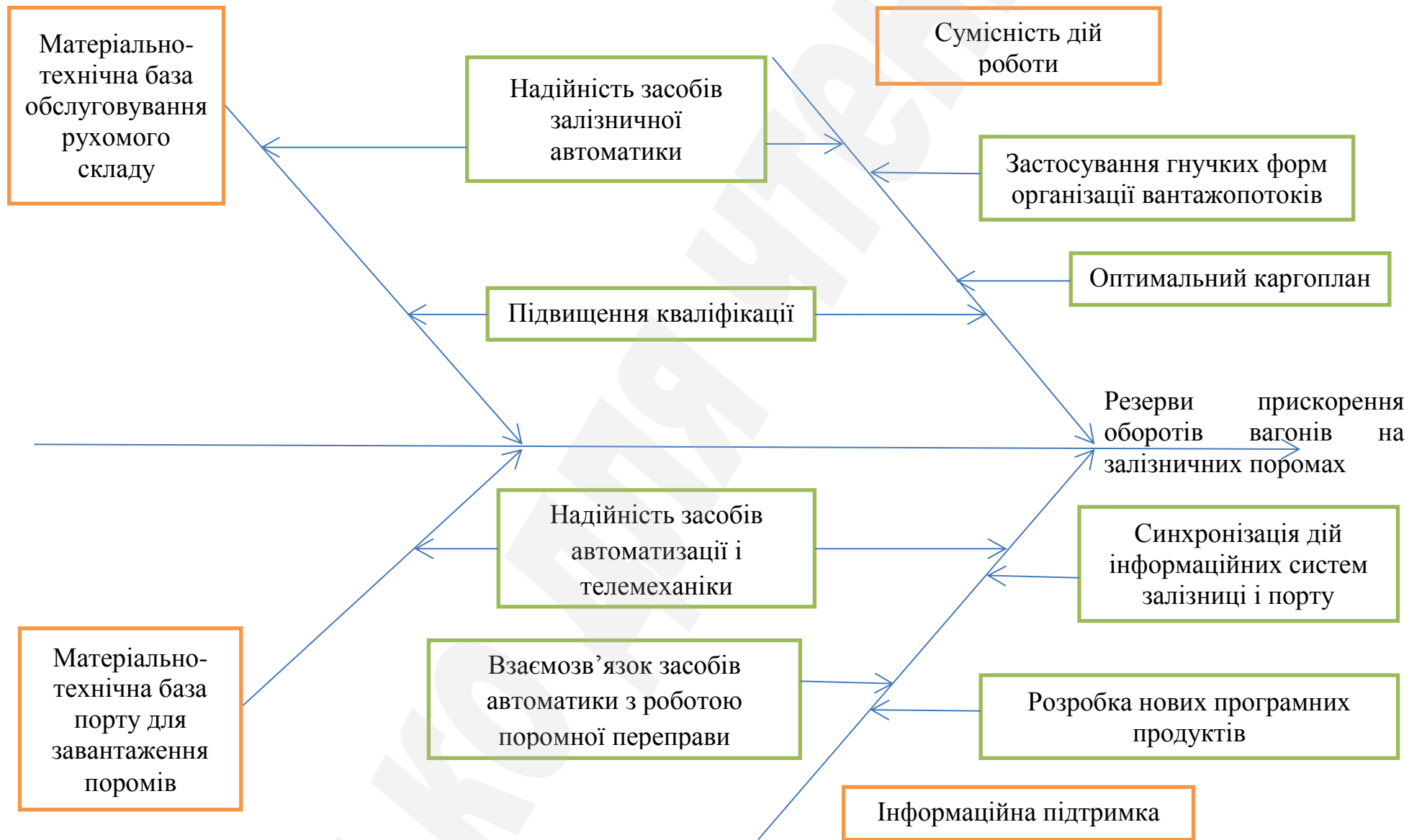


Рис. 1. Діаграма Ісікави

Виявлена картина показує можливість скорочення часу знаходження судна у порту (поромній станції) за рахунок підвищення технічного рівня організаційних робіт з рухливим складом на під'їзних шляхах і їх завантаженням на пором.

Безперебійне завантаження поромних суден з формуванням резерву вагонів можливо в результаті удосконалення стану матеріально-технічної бази обслуговування рухомого складу і бази порту, організації сумісних дій диспетчерських служб залізниці та порту та впровадження нових засобів інформаційної підтримки. Проте розвиток цих напрямків не можливий без забезпечення умов надійності засобів залізничної автоматики, автоматизації та телемеханіки, а також підвищення кваліфікації кадрів з їх обслуговування. Сумісність дій роботи диспетчерських служб реалізується через застосування гнучких форм організації вантажопотоків зі складанням оптимального каргоплану завантаження залізничного порому. Впровадження інформаційного забезпечення повинно враховувати синхронізацію дій інформаційних систем залізниці та порту, а також взаємозв'язок засобів автоматики з роботою поромної переправи, постійно оновлюватись за рахунок нових програмних продуктів.

На підставі проведеного аналізу складено програму заходів щодо розвитку транспортно-технологічних систем залізничних поромів (табл. 1).

Таблиця 1

Програма заходів щодо розвитку транспортно-технологічних систем залізничних поромів

Заходи	Характеристика заходів
Удосконалення стану матеріально-технічної бази	Оновлення та модернізація суден торговельного флоту, колійного господарства, транспортних засобів і обладнання
Організація сумісних дій роботи диспетчерських служб залізниці та порту	Впровадження систем інформаційної взаємодії між стивідорними службами, диспетчерами, техніками станцій та техніками з обслуговування засобів залізничної автоматики
Розробка та впровадження нових засобів інформаційної підтримки	Розробка, впровадження та адаптація нових і удосконалених інформаційних систем обміну даних, електронних журналів, каталогів
Удосконалення технічного обслуговування засобів залізничної автоматики, автоматизації та телемеханіки	Впровадження систем технічного діагностування та моніторингу засобів залізничної автоматики та телемеханіки
Підвищення кваліфікації кадрів управлінського та технічного персоналу	Поглиблення управлінських знань, ознайомлення та набуття навичок роботи з новими програмними продуктами, перепідготовка та підвищення кваліфікації електромеханіків, зокрема контрольно-вимірjuвальних пристроїв

Одержані результати спрямовано на підвищення оперативності, обґрунтованості та ефективності управлінських робіт з експлуатації засобів транспорту та можуть бути використані при виконанні дослідницьких робіт інших об'єктів залізнично-водного сполучення, зокрема припортових залізниць.

Перспективи подальших досліджень авторів пов'язано з розробкою функціональної моделі експлуатації залізничного порому та розвитком систем технічного діагностування та моніторингу засобів автоматики.

4. Висновки

За інформаційний критерій підвищення ефективності технічного обслуговування транспортно-технологічних систем залізничних поромів обрано резерви прискорення оборотів. За допомогою діаграми Ісікави встановлено взаємозв'язок між цією цільовою функцією та експлуатаційними чинниками, які визначатимуть синхронізацію дій служб морського порту (поромної станції) та залізниці. На підставі проведеного аналізу складено програму заходів щодо розвитку транспортно-технологічної системи залізничних поромів, яка включає у себе:

- удосконалення стану матеріально-технічної бази;
- організацію сумісних дій роботи диспетчерських служб залізниці та порту;
- розробку та впровадження нових засобів інформаційної підтримки;
- удосконалення технічного обслуговування засобів залізничної автоматики, автоматизації та телемеханіки;
- підвищення кваліфікації кадрів управлінського та технічного персоналу.

References

1. Shyriaieva, L. V., Shahina, M. V. (2017). Analiz mozhlyvostei vykorystannia zaliznychnykh paromiv SK «UKRFERI» dlia perevezennia konteineriv. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti*, 76–89.
2. Miloslavskaja, S. V., Pochaev, Iu. A. (2004). *Transportno-tehnologicheskie sistemy*. Moscow: Izdatelstvo «Altair», 133.
3. Holovko, T. V., Parovyk, O. O. (2014). Udoskonalennia protsesu vzaiemodii zaliznychnoho ta vodnoho transportu na osnovi vymoh lohistyky. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT*, 146, 66–70.
4. Tsvetkov, V. Ia. (2017). Slozhnye tekhnicheskie sistemy. *Obrazovatelnye resursy i tekhnologii*, 3 (20), 86–92.
5. Mukha, A. A. (2012). Upravlenie protsessom razrabotki slozhnykh tekhnicheskikh sistem i protsessov. Osobennosti primeneniia FVEA-analiza. *Matematichni mashini i sistemi*, 168–176.
6. Ishikawa, K., Loftus, J. H. (1990). *Introduction to Quality Control. Ed. 3*. Tokyo, 435.
7. Zavalniuk, S. I., Rybatskii, V. A. (2018). Zheleznodorozhnye paromnye perepravy kak element transportnoi infrastruktury. *Sovremennye issledovaniia v sfere estestvennykh, tekhnicheskikh i fiziko-matematicheskikh nauk*, 496–505.
8. Egorov, G. V. (2007). *Proektirovanie sudov ogranichennykh raionov plavaniia na osnovanii teorii riska*. Saint Petersburg: Sudostroenie, 384.

9. Moskat, A. A., Alekseenko, E. A. (2019). Osobennosti razrabotki prilozheniia dlia rascheta i formirovaniia kargo-plana. *Inzhenernyi vestnik Dona*, 4. Available at: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5880>

10. Budko, T. V., Holovko, T. V. (2006). Udoskonalennia sumisnoi roboty portiv ta zaliznychnykh vuzliv v umovakh zrostannia vantazhopotokiv. *Zbirnyk nauk prats DonIZT*, 8, 5–13.

11. Shelekhan, H. I. (2013). Zastosuvannia pryntsyypiv systemnoho analizu dlia ratsionalizatsii funktsionuvannia pryportovykh vantazhnykh stantsii z obsluhovuvannia konteinerovykh potokiv. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu*, 137, 130–134.

12. Efanov, D. V. (2016). *Funktsionalnyi kontrol i monitoring ustroistv zheleznodorozhnoi avtomatiki i telemekhaniki*. Saint Petersburg: PGUPS, 171.

13. Nyrkov, A. P., Sokolov, S. S., Shnurenko, A. A. (2013). *Avtomatizirovannoe upravlenie transportnymi sistemami*. Saint Petersburg: GUMRF imeni admirala S. O. Makarova, 325.

14. Kazimirenko, Iu. O., Drozd, O. V., Egolnikov, O. O. (2019). Informatsiina pidtrimka tekhnichnogo obsluhovuvannia sistem zaliznichno-vodnogo spoluchennia. *Informatsionnye upravliaiushchie sistemy i tekhnologii. Problemy i resheniia*. Odessa: ONPU: «Ekologiiia», 151–161.

15. Katunina, I. V. (2012). Intellectualnyi resurs predpriatii zheleznodorozhnogo transporta. *Vestnik Omskogo universiteta: Seriia «Ekonomika»*, 1, 19–20.

The object of research is the development processes of transport and technological systems of railway ferries as complex technical systems. In the course of the study, a systematic approach to solving the scientific and technical problem of increasing the efficiency of maintenance of railway ferry services is used, for which a graphical method is used to analyze the formation of cause and effect ties with the construction of Ishikawa diagrams. According to the most informational criterion, the reserve for accelerating the speed of railcars on railway ferries is selected – a qualitative characteristic of the efficient use of the railway fleet, which directly depends on the reduction of railway outages in the port area, is promising. The research results provide a multifaceted picture that shows the possibility of reducing the time spent on the ship at the port by increasing the technical level of organizational work with rolling stock on access roads and loading them on a ferry. It also affects the state of the material and technical base for servicing rolling stock and the port base for loading ferries, the compatibility of operations of dispatch services and the need for appropriate information support. However, the development of these areas is impossible without ensuring conditions for the reliability of railway automation, automation and telemechanics, as well as advanced training of personnel for their maintenance. The compatibility of operations of dispatch services is implemented through the use of flexible forms of organization of cargo flows with the preparation of an optimal cargo plan for loading a railway ferry. The implementation of information support should take into account the synchronization of the information systems of the railway and port, as well as the relationship of automation with the work of the ferry, constantly updated with new

software products. Based on the analysis, a program of measures has been drawn up for the development of transport and technological systems of railway ferries.

The obtained results are aimed at increasing the efficiency, validity and effectiveness of management work on the operation of means of transport and can be used in carrying out research work of other objects of railway-water communication, in particular port railways.

Keywords: *railway ferries, maintenance, transport and technological system, railway ferry services, system analysis, complex technical systems.*