

нологічної підготовки підприємства на базі процесного підходу.

3. Автором розроблено комплексну процесну модель технологічної підготовки виробництва, яка складається з семи моделей, кожна з яких дозволяє описувати та моделювати введені автором ключові показники діяльності з метою оцінки якості системи управління технічною підготовкою виробництва.

**Список літератури:** 1. Андриченко, А. Принципы интеграции PDM-систем и САПР технологических процессов [Текст] / А. Андриченко, А. Коптев // CAD/CAM/CAE Observer. – 2011. – №8 (68). – С. 8–13. 2. Кульга, К. С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления машиностроительным производством [Текст] / Автор. дис. ... д-р техн. наук : 05.13.06 / К.С. Кульга. – Уфа: Изд. УГАТУ, 2010. – 34 с. 3. Мартынов, О. Ю. Разработка методов и средств автоматизированного управления технической подготовкой производства наукоемких изделий с целью повышения их конкурентоспособности [Текст] / Автор. дис. ... д-р техн. наук : 05.13.06 / О. Ю. Мартынов. – Москва, 2012. – 32 с. 4. Mark, J. Barnechea. Enterprise Productive Information Management: The Next Generation of Enterprise Software [Text] / J. Barnechea Mark, Jenkins Tom // Open Text, Waterloo (Canada), 2013. – 110 p. 5. Краснов, Ю. А. Автоматизация поддержки управленческих решений при организации наукоемкого производства на основе гибкой обратной связи [Текст] / Автор. дис. ... кан. тех. наук : 05.13.06 / Ю. А. Краснов. – Москва, 2013. – 20 с. 6. Diedrich, C. Basic concept of the Digital factory [Text] / C. Diedrich, M. Muhlhaue // AT: Automatisierungstechnik, 2011. – V. 59. – P. 18–25. 7. Павленко П. М. Інформаційна технологія управління ефективністю промислового виробництва [Текст] / П. М. Павленко, О. В. Заріцький, А. О. Хлевний // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2015. – №1/2 (73). – С. 24–30. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.36070 8. Павленко, Р. The method of analysis and performance management of dispersed produc-

tion planning [Text] / P. Pavlenko, A. Khlevnoj // Proceedings of the National Aviation University. – 2014. – №2. – P. 105–112. 9. Трейтак В. В. Розробка технології інформаційної підтримки управління виробничими процесами машинобудівних підприємств [Текст] / В. В. Трейтак, П. М. Павленко, С. М. Гайсан // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012. – №47. – С. 122–126. 10. Трейтак, В. В. Розробка та впровадження системи інформаційної підтримки процесів управління виробничими даними [Текст] / В. В. Трейтак, П. М. Павленко, С. О. Дорошенко // Вісник НАУ. – 2012. – № 4. – С. 33–35.

**Bibliography (transliterated):** 1. Andrichenko, A. Koptev, A. (2011). Principi integracii PDM-sistem i SAPR tehnologicheskikh procesov. CAD/CAM/CAE Observer, №8 (68), 8–13. 2. Kylga, K. C. (2010). Modeli i metodu sozdaniya integrirovannoi informatsionnoi sistemu dlya avtomatizatsii tehnichekoj podgotovki i upravleniya mashinostroitelnum. Ufa : Izd. UGATU, 34. 3. Martunov, O. U. (2012). Razrabotka metodov i sredstv avtomatizirovannogo upravleniya tehnichekoj podgotovki proizvodstvom naukoemkikh izdeliy s tseliu povusheniya ih konkurentosposobnosti. Moskva, 32. 4. Mark, J. B, Jenkins, Tom (2013). Enterprise Productive Information Management: The Next Generation of Enterprise Software. Open Text, Waterloo (Canada), 110. 5. Krasnov, U. A. (2013). Avtomatizatsiya podderjki upravlencheskikh resheniy pri organizatsii naukoemkogo proizvodstva na osnove gibkoi obratnoi svyazi. Moskva, 20. 6. Diedrich, C., Muhlhaue, M. (2011). Basic concept of the Digital factory. Automatisierungstechnik, 59, 18–25. 7. Pavlenko, P. M., Zarickiy, O. V., Hlevnui, A. O. (2015). Informatsionnaya tehnologiya upravlinnya efekturnistu promislavogo virobnuctva. Vostochno-Evropeskiy jurnal peredovuh tehnologii, №1/2 (73), 24–30. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.36070. 8. Pavlenko, P., Khlevnoj, A. (2014). The method of analysis and performance management of dispersed production planning. Proceedings of the National Aviation University, №2, 105–112. 9. Treityak, V. V. Pavlenko, P. M., Gaisan, C. M. (2012). Rozrobka tehnologii informatiynoi pidtrimki upravlinnya virobnychimi procesami mashinobudivnyh pidpruemstv. Vimiruvalna ta obchislvalna tehnika v tehnologichnih procesah, №47, 122–126. 10. Treityak, V. V., Pavlenko, P. M., Doroshenko, C. O. (2012). Rozrobka ta vprovadjennya sistemu informatsiynoi pidtrimku procesiv upravlinnya virobnychimi dannymi. Visnik NAU, № 4, 33–35.

Надійшла (received) 04.11.2015

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Трейтак Вячеслав Віталійович** – кандидат технічних наук, Навчально-науковий інститут інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету, докторант кафедри "Засоби захисту інформації"; просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, Україна, 03680; тел.: 066-138-10-85; e-mail: [11.203iids@ukr.net](mailto:11.203iids@ukr.net).

**Трейтак Вячеслав Витальевич** – кандидат технических наук, Учебно-научный институт информационно-диагностических систем Национального авиационного университета, докторант кафедры "Средства защиты информации"; просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, Украина, 03680; тел.: 066-138-10-85;

**Treityak Vyacheslav** – candidate of technical sciences, Educational-scientific institute of the informatively-diagnostic systems, National Aviation University, doctoral candidate of department "Means of defence information"; address: boulevard Cosmonaut Komarov, 1, Kyiv, Ukraine; tel.: 066-138-10-85; e-mail: [11.203iids@ukr.net](mailto:11.203iids@ukr.net).

УДК 656.221

**О. А. МАЛАХОВА, К. Е. ФАТ**

#### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОПУСКУ ВАГОНОПОТОКІВ ЧЕРЕЗ МІЖНАРОДНІ ЗАЛІЗНИЧНІ СТИКОВІ ПУНКТИ

В роботі проаналізована структура вагонопотоку, що передається між залізницями України та сусідніми державами. Розглядаються основні труднощі у роботі міжнародних залізничних стикових пунктів. Запропоновані шляхи вирішення основних проблемних задач для прискорення просування вагонопотоків через міжнародні стикові залізничні пункти при взаємодії із сортувальними станціями полігону. Оцінку варіантів розподілу вагонопотоку між різними перехідними станціями запропоновано оцінювати за допомогою коефіцієнта розподілу роботи. Передбачається доповнення АРМ оперативних працівників станції вирішенням задач раціоналізації роботи стикових пунктів.

**Ключові слова:** транспорт, система, залізниця, вагонопотік, станція, вантаж, дільниця, стиковий пункт, сполучення, розподіл

**Вступ.** Після здобуття Україною незалежності відбувся поділ залізниць в кордонах країн СНД і Балтії, що викликало появу нових прикордонних станцій, стабільна робота яких є одним з факторів забезпечен-

ня сталого пропуску зовнішньоторговельного вантажопотоку між країнами.

© О. А. Малахова, К. Е. Фат . 2015

При цьому, якщо існуючі прикордонні станції в основному були перевантажувальними, то решта є міждержавними прикордонними передавальними станціями, оскільки у зв'язку з однаковою шириною колії перевантаження вантажів на цих станціях не потрібно. На першому етапі нові прикордонні переходи обладналися за тимчасовою схемою пропуску або їх відкривали на більш віддалених від кордону станціях з досить розвиненою інфраструктурою.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Вирішенням питань з організації пропуску вантажопотоків через міжнародні транспортні стикові пункти, удосконаленням інфраструктури для пропуску транзитного вагонопотоку займалися такі вчені: Б. Е. Пейсахзон, Н. Д. Іловайський, Б. І. Шафіркін, М. І. Данько, Т. В. Бутько, Є. С. Альошинський, Г. М. Сіконенко, С. В. Архангельський, В. М. Кудрявцев та інші.

Автори [1] розглянули питання організації пропуску вантажопотоків через міжнародні транспортні стикові пункти. Зроблений аналіз статистичних даних дозволив виявити причини невиконання планових перевезень по стикових пунктах. На думку авторів уникнути певних труднощів у роботі стикових пунктів та досягти скорочення просто вагонів можливо за рахунок розширення комплексу задач АРМ ТВК – кордон.

Кисельов В. В. у статті [2] також проаналізував стан міжнародних перевезень вантажів. Визначив основні труднощі при перевезеннях імпорно – експортного вантажу та зробив висновок, що збільшення обсягів транзитних перевезень необхідним є проведенні гнучкої тарифно – цінової та податкової політики.

Аналогічні проблеми з організацією транспортних потоків у міжнародному сполученні, але при взаємодії залізничного та морського транспорту відображені у [3-4]. Так, у статті [3] наведено, що морські порти України мають вигідне економіко – географічне положення по відношенню до стратегічних напрямків вантажопотоків для заохочення додаткових транзитних потоків через всю територію України. Але для збільшення обсягів транзитних перевезень необхідним є комплексний підхід для управління транспортним процесом, а розвиток інфраструктури портів повинен враховувати тенденції міжнародної та національної номенклатури вантажів. Т. В. Головка у статті [4] відображає, що Україна є державою, важливу роль в якій відіграють транзитні перевезення, а залізниця України є поєднувальною ланкою між транспортними системами країн Європи, Азії, Близького Сходу та Середземномор'я. Покращення експлуатаційної роботи запропоновано проводити при виборі варіантів роботи поромних комплексів, що залежить від інтенсивності вантажопотоку.

У статті [5] досліджуються питання роботи залізниць в умовах інтероперабельності. Показано, що для досягнення найбільшого економічного ефекту потрібно створення дворівневої інформаційно – керуючої системи при взаємодії різних рівнів управління поїздопотоків між міжнародному сполученні.

Для пропуску певної кількості поїздів станція повинна мати відповідні технічні та технологічні параметри під якими розуміється число колій для прийомздавальних операцій, кількість і чисельність бригад пунктів технічного обслуговування вагонів (ПТО)

і комерційного огляду вагонів (ПКО), а також бригад митного і прикордонного оглядів.

**Ціль та задачі дослідження.** Значення вказаних параметрів повинні забезпечувати стійку роботу прикордонній передавальній станції без затримок поїздів на підходах і на самій станції. Таким чином, метою розробки є удосконалення роботи передавальних пунктів за умови покращення експлуатаційних показників роботи станцій та прискорення пропуску поїздів через передавальні станції. Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач: аналіз існуючої технології роботи з дослідженням вихідних поїздопотоків та структури вагонопотоку; формалізація задачі оперативного управління вагонопотоками при стабілізації роботи передавальних пунктів.

Вищенаведений матеріал, поставлена мета та задачі обумовлюють актуальність даної розробки.

**Матеріали та методи дослідження роботи міжнародних залізничних стикових пунктів.** Найбільш характерним періодом з організації роботи залізниць у останні роки був період з 2010 по 2012. Так, у травні 2012 року залізницями України було перевезено 40456,1 тис. тонн вантажів. Це на 499,5 тис. тонн, або 1,3 % більше в порівнянні з аналогічним періодом минулого року [7].

За даними прес-служби Укрзалізниці, при цьому збільшилися обсяги перевезень вантажів в експортному та імпортному сполученнях відповідно на 903,1 тис. тонн (на 8 %) і на 626,4 тис. тонн (на 25,8 %) і зменшилися в транзитному і внутрішньому сполученнях відповідно на 724,3 тис. тонн (на 17,1 %) і на 306 тис. тонн (на 1,4 %).

Зокрема в структурі транзитних перевезень вантажів перше місце займають (рис. 1) нафта і нафтопродукти - 29,6 %, на другому місці перевезення залізної та марганцевої руди - 23,4 %, третє місце займає кам'яне вугілля - 18,6 %; четверте місце - чорні метали (7,1 %); на п'ятому місці - хімічнодобрива (6,6 %).

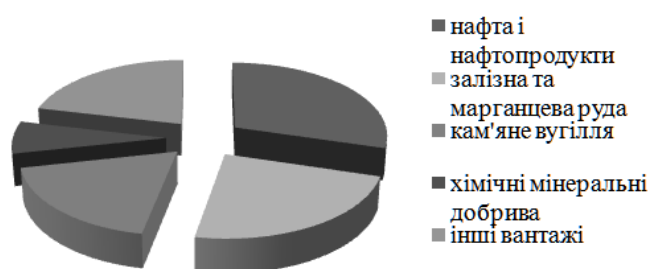


Рис. 1 – Структура транзитних перевезень вантажів

Основне зменшення перевезень спостерігалось у 2012 році по наступних вантажах: залізна руда; хімічнодобрива; кам'яне вугілля; нафтопродукти.

Серед імпортих перевезень у травні перше місце займає кам'яне вугілля - 42,3 %. Переважно це коксівне вугілля для металургійного виробництва та коксування. Імпорт вугілля збільшився на 51,2 % до 1,29 млн. тонн.

На другому місці нафта і нафтопродукти (частка - 14,4 %), обсяги яких збільшилися на 32,2 %. Третє місце посіли залізна і марганцева руда (12,4 %). Імпорт руди зменшився на 6,3 % до 389200000 тонн.

За словами експертів [7] обсяги транзитних перевезень в Україні у 2015 році скоротилися майже на 50 %.

Географічне положення України, розвинена транспортна мережа повинні сприяти тому, щоб обсяги транзитних вантажопотоків через її територію, особливо в міжнародному сполученні, збільшувалися. Для України розвиток транзитних перевезень означає суттєве збільшення надходжень до бюджету, є одним з реальних джерел фінансування транспорту. На сьогодні Україна у логістичному рейтингу Світового банку посідає лише 102 місце [7].

Особливої уваги набуває реалізація проектів, які мають забезпечити Україні участь у формуванні міжнародних транспортно-комунікаційних мереж, зокрема, в доставці каспійських енергоресурсів на внутрішній та міжнародні ринки. Складні і масштабні завдання пов'язані з модернізацією управління транспортними системами, які дадуть можливість поглибити сумісність з залізницями країн ЄС. У вересні 2015 було протокол [8] про співпрацю між керівниками залізниць України, Грузії, Казахстану та Азербайджану про розвиток транзитних вантажоперевезень за маршрутом Азія – Європа. За останні роки це стало дуже перспективним напрямком розвитку.

Технологічні потужності національної транспортної інфраструктури дозволяють щорічно перевозити залізницями, внутрішнім водним та автомобільним транспортом і переробляти в портах понад 60-70 млн. т і доставляти трубопроводами до 200 млн. т товарів. Однак фактичні обсяги транзиту становлять лише 200 млн. т, тобто наявний транзитний потенціал України використовується на 70 %, а транспорт загального користування без трубопроводів) - лише на 50 %.

Аналіз затримок у роботі міждержавних стикових пунктів при пропуску імпортно – експортного вагонопотоку показав, що основними напрямками для подальшого покращення роботи є: перерозподіл вагонопотоків для ліквідації затримок на станціях міждержавних переходів; розвиток інтегрованих автоматизованих систем для прискорення передачі інформації між державами та доповнення новими задачами.

Для оцінки варіантів розподілу імпортно – експортного вагонопотоку використовується показник  $K_{p,p}$  – коефіцієнту розподілу роботи, який можна розрахувати за формулою

$$K_{p,p} = \frac{\Delta N_{пер}^{\min}}{\Delta N_{пер}^{\max}}, \quad (1)$$

де  $\Delta N_{пер}^{\min}$  - отриманий для всіх станцій додатковий мінімум в обсягах переробки, ваг;  $\Delta N_{пер}^{\max}$  - максимально можлива додаткова переробка.

Визначення коефіцієнту розподілу роботи є доцільним при оперативному регулюванні пропуску вагонопотоків через міжнародні стикові пункти. При цьому необхідно враховувати категорії поїздів та окремих вагонів.

Частка транзитних вантажів у загальному обсязі для транспортного комплексу України ще недавно складала близько 50 %, тобто,

кожна друга тонна - це транзитний вантаж, а сьогодні обсяги цих перевезень та обробки впали в декілька разів. Створити сприятливі і конкурентні умови для залучення обсягів перевезень експортно-імпорتنих та транзитних вантажів є в цих умовах першочерговим і пріоритетним завданням. Це необхідно зробити для збереження сектору перевезень і тих об'єктів інфраструктури, які співпрацюють з ним, у т.ч. і державних [6].

Успішне вирішення завдань поліпшення організації транзитних перевезень без відповідного нормативно-правового забезпечення неможливо. Тут слід зазначити відставання головних управлінь Мінінфраструктури: в першу чергу, правового забезпечення та зовнішніх зв'язків. Неупорядкованими і тривалими залишаються процедура контрольно-перевірочних операцій та механізм оформлення документів на транзитні вантажі. Особливо це відноситься до автомобільних і контейнерних перевезень. Нерідко функції контролю та оформлення документів на транзитні вантажі передані недержавним комерційним структурам, які самостійно встановлюють більш високі тарифи. На прикордонних пунктах Чоп, Ягодин, Шегині, Краковець створені так звані вантажні термінали, що належать різним комерційним структурам.

Для підвищення якості перевезень та збільшення обсягів транзиту у міжнародному сполученні необхідно: організація транспортного та суміжного обслуговування вантажовідправників та вантажоодержувачів в рамках єдиної структури, здатної враховувати як інтереси клієнтів, так і залізниць; раціоналізація взаємодії різних видів транспорту з метою скорочення простою транспортних засобів на станціях перевалки вантажів; використання єдиних техніко – технологічних протоколів, а також створення єдиного інформаційного простору при перевезенні різними видами транспорту та в межах різних країн; раціоналізація маршрутів перевезень вантажів; досягнення високого рівня інформаційного забезпечення процесів управління та організації перевезень з використанням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

Слідування вагону власності іншої держави (іно-вагону) через міжнародний залізничний стиковий пункт (МЗСП) як у напрямку станції призначення, так і при поверненні країні – власниці, як правило, повинен здійснюватися через одні й ті самі стики, але допускається повернення через інші стикові пункти за умови, що вони повинні бути станціями стикування саме тих держав [9, 10].

Нормативний час знаходження навантажених вагонів в межах залізничної адміністрації іншої держави встановлюється окремо для вагонів, що прямують під вивантаження, і для транзитних вагонів, а також стану вагону. Тому, цільову функцію визначення раціонального плану направлення вагонопотоків через міжнародні стикові пункти можна сформулювати наступним чином

$$E_{не} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[ e_{ij} t_{hp} (q' + q'') (1 - K_n) + \alpha_{нор} t_{hp}^{нор} (q' + q'') + e_{ij} t_{hp} (q' + q'') K_n K_{прис} \right] \rightarrow \min E_{не} \quad (2)$$

де  $e_{ij}$  - вартість однієї вагону – години пропуску вагонопотоку між станціями  $i$  та  $j$ , грн.;  $t_{hp}$  - час пряму-

вання вагонопотоку між станціями  $i$  та  $j$ , год;  $n'_{ij}$ ,  $n''$  - відповідно кількість вагонів, що прямує у транзитному сполученні та на експорт, ваг;  $K_n$  - коефіцієнт пріоритетності, що враховує наявність вагонів, що потребують прискореної доставки;  $\alpha_{nop}$  - коефіцієнт порожнього пробігу;  $t_{np}^{nop}$  - час прямування порожнього вагонопотоку між станціями  $i$  та  $j$ , год;  $K_{прис}$  - коефіцієнт, що враховує частку вагонів з прискореним просуванням між залізничні стикові пункти.

При наступних обмеженнях:

$$\begin{cases} n'_{ij} \leq n''_{ij} & \text{за пропускну здатністю залізничних стикових пунктів;} \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{np} \leq T_{досм}^n & \text{за терміном доставки;} \end{cases}$$

Перенос навіть частини роботи з однієї станції приводить до неминучої зміни розмірів переробки вагонів по декількох суміжних станціях. Тому, розглядати роботу станції з пропуску транзитного вагонопотоку можна лише у взаємозв'язку з іншими.

#### Результати дослідження роботи міжнародних залізничних стикових пунктів

Дану задачу можливо вирішити моделюванням процесів пропуску вагонопотоків через міжнародні стикові пункти з мінімізацією витрат на організацію руху. Для визначення ступеню участі кожної сортувальної станції у роботі полігона з розподілу роботи як з транзитним вагонопотоком, так і з вагонами, що прямують на експорт, необхідно встановити відповідні вагові коефіцієнти. Така задача може поширити склад комплексу функціональних задач автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних працівників станцій та залізниць та втілена на робочих місцях оперативних працівників.

**Обговорення результатів дослідження роботи міжнародних залізничних стикових пунктів.** При визначенні витрат на необхідне технічне обладнання станції та експлуатаційні витрати на переробку вагонопотоку на кожній сортувальній станції доцільно розглядати процес переробки вагонопотоку у вигляді лінії обробки з несинхронізованими процесами переробки, тому що інтенсивності надходження вагонопотоку та обробки у різних фазах є різними.

Відсутність синхронізації технологічних процесів на станції означає, що тривалість виконання операцій технологічного процесу різна і не кратна ритму роботи технологічної лінії. У наслідок цього є розходження по завантаженню робочих місць, технологічних ліній та засобів, що призводить до виникнення міжопераційних інтервалів. У зв'язку з цим при зміні обсягів роботи, пов'язаним зі скороченням кількості станцій потрібно розрахувати потрібний колійний ро-

зв'язок, кількість маневрових локомотивів, штат станції тощо.

**Висновки.** Для подальшої інтеграції України у ВТО, для підвищення доходів необхідне підвищення рівня транзитності вантажів, насамперед імпортих. Відповідна оптимізація та автоматизації при перетині кордону, введення уніфікованих документів, створення сучасних умов для переробки та транспортування вантажів ще більше підвищить ефективність роботи міжнародних стикових пунктів. Це сприятиме реалізації експортного потенціалу України та залученню іноземних інвестицій.

**Список літератури:** 1. Антецький, Д. С. Аналіз основних труднощів у роботі міжнародних залізничних стикових пунктів [Текст] / Д. С. Антецький, Г. М. Сіконенко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2013. – Вип. 135. – С. 7–12. 2. Киселев, В. В. Транзитний потенціал України: проблеми і перспективи [Електронний ресурс] / В. В. Киселев. – Режим доступу: <http://firearticles.com> – 05.01.2013. – загл. с. екрана 3. Болток, А. В. Транзитний потенціал морських портів України в умовах трансформації [Електронний ресурс] / А. В. Болток. – Режим доступу: <http://dspase.nbu.gov.ua> – 25.10.2015. 4. Головка, Т. В. Дослідження варіантів процесу просування вагонопотоків в напрямку поромних комплексів [Текст] / Т. В. Головка // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2011. – Вип. 28. – С. 17–21. 5. Калашнікова, Т. Ю. Удосконалення інформаційно – керуючої системи залізниць в умовах інтероперабельності [Текст] / Т. Ю. Калашнікова, Є. М. Кушкін, Є. Д. Кіценко // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 146. – С. 61–65. 6. Коваль, Т. М. Україна: куди едем? [Електронний ресурс] / Т. М. Коваль. – Режим доступу: <http://zn.ua/> – 18.02.2012. 7. Пресс – центр: Объем транзитных перевозок в Украине серьезно упал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.liga.net](http://www.liga.net) – 24.04.2015. 8. Украина, Грузия, Казахстан и Азербайджан будут совместно развивать транзитные перевозки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.news.infocar.ua](http://www.news.infocar.ua) – 21.09.2015. 9. Колесников, А. В. Перспективы для транзита [Текст] / А. В. Колесников // Порты Украины. – 2009. – №4. – С. 32–38. 10. Пашков, М. А. Украина на мировых рынках: Добро пожаловать или... [Електронний ресурс] / М. А. Пашков. – Режим доступу: <http://vitrenko.at.ua/> / 03.02.2012.

**Bibliography (transliterated):** 1. Anteckij, D., Sikonenko, G. (2013). Analiz osnovnih trudnoshhiv u roboti mizhnarodnih zaliznichnih stikovix punktiv. Zbimik naukovix prac UkrDAZT, 135, Kharkiv, 7–12. 2. Kiselev, V. (2009). Tranzitnyj potencial Ukrainy: problemy i perspektivy. Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo universitetu im. V. N. Karazina, №851, Kharkiv, 88. 3. Boltok, A. (2013). Tranzitnyj potencial morskix portov Ukrainy v uslovijax transformacii. Zbimik nauchnyx trudov Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo, 4, Tavrichesk, 7–9. 4. Golovko, T. (2011). Doslidzhennya variantiv procesu prosuvannya vagonopotokiv v napryamku poromnix kompleksiv. Zbimik naukovix prac DonIZT, 28, Donetsk, 17–21. 5. Kalashnikova, T., Kushkin, E., Kicenok, E. (2014). Udoshkonalennya informacijno – keruyuchoi sistemi zaliznic v umovax interoperabelnosti. Zbimik naukovix prac UkrDAZT, 146, 61–65. 6. Koval, T. (2012). Ukraina: kuda edem? Zerkalo nedeli. Ukraina, Kiev, Feb 18, 2. 7. Press – centr (2015). Obem tranzitnyx perevozok v Ukraine serezno upal. Informacionnoe agentstvo LIGABiznesInform, Apr. 24, 10. 8. Neolit (2015). Ukraina, Gruzija, Kazaxstan i Azerbajdzhan budut sovmetno razvivat tranzitne perevozki. InfoCar.ua, Kiev, Sept. 21, 5. 9. Kolesnikov, A. (2009). Perspektivy dlya tranzita. Porty Ukrainy, №4, 32–38. 10. Pashkov, M. (2000). Ukraina na mirovix rynkax: Dobro pozhalovat ili.... Zerkalo nedeli. Ukraina, Kiev, June 23, 2.

Надійшла (received) 07.10.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Малахова Олена Анатоліївна** – кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою»; майдан Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050;

**Малахова Елена Анатольевна** – кандидат технических наук, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», площадь Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050; тел.: 066-341-84-81; e-mail: [alena\\_mal@mail.ru](mailto:alena_mal@mail.ru)

**Malakhova Olena** – candidate of technical sciences, Associate professor, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feuerbach sqr, 7 61050; tel.: 066-341-84-81; e-mail: [alena\\_mal@mail.ru](mailto:alena_mal@mail.ru)

**Фат Карина Эдуардовна** – студентка, Український державний університет залізничного транспорту, кафедра «Управління експлуатаційною роботою»; майдан Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050; тел.: 099-612-78-85; e-mail: [www.karinka.ru08@mail.ru](http://www.karinka.ru08@mail.ru)

**Fat Karina Eduardovna** – студентка, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, кафедра «Управление эксплуатационной работой», площадь Фейербаха, 7, г. Харьков, 61050;

**Fat Karyna** – student, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, кафедра Department of "Management of operational work"; Feuerbach sqr, 7 61050; tel.: 099-612-78-85; e-mail: [ww.karinka.ru08@mail.ru](http://ww.karinka.ru08@mail.ru)

УДК 004.522

**А. А. ШТЕПА, А. Ю. КОЛЛАРОВ**

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧЕВЫХ КОМАНД В СЛОЖНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В данной статье обсуждается применение методов обработки зашумленных сигналов в системах распознавания речевых команд и приводятся некоторые из результатов исследований в этой области. Основной целью исследования является повышения достоверности распознавания речевых команд в системах голосового управления техническими объектами в сложной акустической обстановке путем повышения соотношения сигнал/шум за счет применения пространственного разделения сигналов с помощью нескольких направленных микрофонов и цифровой обработки сигналов на основе адаптивной компенсации помех. Использование современных методов лингвистического распознавания речевых команд совместно с методом адаптивной компенсации для обработки зашумленного сигнала позволяет повысить достоверность распознавания речевых команд.

**Ключевые слова:** голосовое управление, распознавание речевых команд, адаптивная компенсация, аддитивный шум.

**Введение.** Управление техническими устройствами с помощью голосовых команд является одной из наиболее востребованных и развивающихся технологий на протяжении последних лет. Основным достоинством голосового интерфейса является естественность этого метода передачи информации для человека. Свободные руки и отсутствие необходимости визуального контроля над используемыми элементами управления снижают утомляемость оператора и повышают эффективность управления в целом.

Управление многими техническими средствами влечет за собой повышенный уровень ответственности, что значительно повышает требование к достоверности распознавания речевых команд управления. Если управление технически сложным объектом происходит в условиях с повышенным зашумлением (технологическое помещение, транспортное средство), его интенсивность может исказить результаты распознавания речевых команд. Таким образом, задача повышения достоверности распознавания речевых команд в сложных акустических условиях является актуальной.

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** Обзор методов повышения качества и разборчивости зашумленных речевых сигналов показывает, что существует много различных подходов к обработке зашумленной речи [1].

Универсальных методов обработки, которые одинаково хорошо боролись бы с преимущественно нестационарными и стационарными, аддитивными и мультипликативными шумами, существенно повышали бы качество и разборчивость речи, сейчас нет и перспективы их появления не определены [1]. Поэто-

му пути решения обозначенной задачи лежат в плоскости совместного использования взаимодополняющих методов.

Одной из наиболее эффективных групп методов обработки речевых сигналов с аддитивным шумом являются методы, основанные на адаптивной компенсации помех, которые позволяют значительно улучшить качество зашумленных сигналов – на несколько десятков децибел [2]. При наличии же нескольких каналов поступления информации эффективность метода может повыситься за счет применения оптимального весового суммирования дополнительных сигналов.

Для разделения смесей сигналов в работах [3, 4] успешно используется метод анализа независимых компонент (independent component analysis, ICA). Однако, ограничение, накладываемое методом на количество смесей, которое должно быть не большим количеством источников шумов и требование наличия полезного сигнала во всех смесях делают применение этого метода малоэффективным в случае динамического изменения акустической картины в реальных производственных условиях применения многоканальной системы распознавания. В рамках классического весового подхода адаптивной компенсации [3, 4] выходной сигнал получают путем вычитания из сигнала основного канала взвешенной суммы сигналов дополнительных каналов. Ограничением для применения весового подхода является предположение об отсутствии полезного сигнала в дополнительных каналах. Эффективным решением для реализации этого подхода может стать многоканальная система на базе узконаправленных микрофонов, реализующая