



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПІВНІЧНО-СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Випуск 144

Харків 2014

УДК 656.2

До збірника увійшли матеріали науково-дослідних робіт магістрів Української державної академії залізничного транспорту, спеціалістів залізничного транспорту та промисловості, які присвячені вирішенню сучасних проблем з підвищення ефективності та удосконалення процесу перевезень вантажів, експлуатації та ремонту рухомого складу, інформаційної технології, зв'язку та телеуправління на залізничному транспорті і утримання споруд і колії залізниць України.

Збірник призначений для інженерно-технічних працівників залізничного транспорту та промисловості, науковців, аспірантів, магістрів та студентів.

З електронною версією збірника можна ознайомитися на сайті: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe.

Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща). Реєстрацією збірника можна ознайомитися на сайті <http://jml2012.indexcopernicus.com/masterlist.php?page=127>

ISSN 1994-7852

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 8617 видане 06.04.2004р. Друкується за рішенням Вченої ради академії від 25 березня 2014 р., протокол № 3.

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/4 від 26 травня 2010 р.)

РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА:

д.т.н., професор С.В. Панченко – голова Ради
д.т.н., професор Д.В. Ломотько – заступник голови
к.т.н., професор А.О. Каграманян – заступник голови

д.т.н., професор – А.Б. Бойнік
д.т.н., професор – Т.В. Бутько
д.е.н., професор – В.Л. Дикань
д.т.н., професор – В.І. Мойсеєнко
д.т.н., професор – А.М. Котенко

д.т.н., професор – С.В. Лістровий
д.т.н., професор – С.І. Приходько
д.е.н., професор – Л.О. Позднякова
д.т.н., професор – А.А. Пługін
д.т.н., професор – Ю.В. Соболев
д.т.н., професор – Е.Д. Тартаковський
д.т.н., професор – Л.А. Тимофеева
д.т.н., професор – А.П. Фалендиш
д.т.н., професор – Я.В. Щербак

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Експлуатація залізниць

д.т.н., професор Т.В. Бутько – головний редактор
д.т.н., професор М.М. Бабаєв
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор А.М. Котенко
д.т.н., професор О.Г. Шибасєв
д.т.н., професор В.Я. Негрей
д.т.н., професор В.Н. Бобровський
д.т.н., професор І.В. Жуковський
д.т.н., професор С.С. Альошинський
д.т.н., професор Д.Г. Неволін

Рухомий склад залізниць

д.т.н., професор Е.Д. Тартаковський - головний редактор
д.т.н., професор А.П. Фалендиш
д.т.н., професор О.Б. Бабанін
д.т.н., професор Я.В. Щербак
д.х.н., професор В.Г. Пузир
д.т.н., професор І.Е. Мартинов
д.т.н., професор Ю.Є. Калабухін
д.т.н., професор В.І. Кисельов
д.т.н., професор О.М. Грищенко

Телекомунікаційні системи та управління ними

д.т.н., професор С.І. Приходько – головний редактор
д.т.н., професор О.А. Серков
д.т.н., професор Г.І. Загарій
д.т.н., професор Г.В. Альошин
д.т.н., професор І.П. Книшев
д.т.н., професор М.М. Бабаєв
д.т.н., професор С.В. Лістровий
д.т.н., професор А.Б. Бойнік
д.т.н., професор С.В. Панченко
д.т.н., професор – В.І. Мойсеєнко

Будівельні матеріали та конструції

д.т.н., професор А.А. Пługін – головний редактор
д.х.н., професор А.М. Пługін
д.т.н., професор В.С. Софронов
д.т.н., професор М.Ю. Ізбаш
д.т.н., професор Г.М. Шабанова
к.т.н., професор Х. Фішер
к.т.н., доцент Г.Л. Ватуля
д.т.н., професор В.С. Лесовик
д.т.н., професор А.Д. Омаров
д.т.н., професор Ю.О. Ландау

За загальною редакцією к.т.н. А.О. Каграманяна

ISSN 1994-7852

Зареєстровано 2 червня 2007 р.
у ISSN International Centre 20. Rue
Vachautmont, 75002 PARIS, FRANCE

© Українська державна академія
залізничного транспорту, 2014

ЗМІСТ

Організація перевезень і управління на транспорті

<i>Байрачна Х.В., Малахова О.А.</i> Удосконалення обслуговування пасажирів на основі раціоналізації схем формування пасажирських поїздів	5
<i>Обухова А.Л., Бакун В.О.</i> Аналіз та пропозиції щодо удосконалення технології роботи прикордонних передавальних станцій	10
<i>Запара Я.В., Безуглий І.С.</i> Аналіз вантажної та комерційної роботи технічної станції в умовах реформування галузі	14
<i>Кулешов В.В., Сварник Р.С.</i> Удосконалення технології роботи сортувальної станції Ясинувата в умовах розвитку інформатизації	19
<i>Федорюк Д.П.</i> Аналіз можливих шляхів зменшення простою місцевого вагона на станції Рутченкове	27
<i>Костенніков О.М., Бауліна Г.С., Мазена В.В., Куришко І.М.</i> Дослідження питання раціональної організації вагонопотоків у групові поїзди	31
<i>Лаврухін О.В., Митрофанова О.В.</i> Удосконалення автоматизованої технології оперативного планування роботи залізничної станції	35
<i>Долгополов П.В., Козодой Д.С.</i> Шляхи підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів залізничним транспортом	40
<i>Альошинський Є.С., Світлична С.О., Багно А.М.</i> Дослідження можливих варіантів доставки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях у межах транспортної системи України	45
<i>Козодой Н.В.</i> Методи оцінки професійного ризику з урахуванням комплексної дії шкідливих факторів	50

Автоматика та комп'ютерні системи управління рухом поїздів

<i>Губанов К.І.</i> Діагностування технічного стану ходових частин рухомого складу залізничного транспорту	59
<i>Косилов К.В., Удовіков О.О.</i> Дослідження процесу автоматичного вимірювання параметрів тональних рейкових кіл	66
<i>Нечаєв А.М.</i> Дослідження ефективності контролю стану колійних ділянок на станції з використанням методу рахунку осей	70
<i>Ордін П.О., Удовіков О.О.</i> Дослідження рейкових кіл тональної частоти як точкових датчиків для систем переїзної сигналізації	79
<i>Бойнік А.Б., Чуднецов В.В.</i> Аналіз методів синтезу тональних рейкових кіл системи АБТЦ	84

Автоматизовані системи технологічного зв'язку на залізничному транспорті

<i>Лисечко В.П., Вінник О.І.</i> Аналіз бітових помилок у каналах мережі широкосмужового радіо доступу на основі технології LTE	90
<i>Геніатуліна О.П., Приходько С.І.</i> Дослідження трафіка в мережах NGN	95

Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання

<i>Воронін С.В., Онопрейчук Д.В., Кебко О.В., Ляшенко І.В.</i> Дослідження електричних властивостей олив та робочих рідин будівельних машин	101
---	-----

Залізничні споруди та колійне господарство

<i>Даренский А.Н., Дудник Р.А.</i> Сопротивление промежуточных креплений КБ и КПП-5 перемещениям рельсов в продольной плоскости	107
<i>Даренський О.М., Вітольберг В.Г., Копилов І.Л.</i> Просторова жорсткість проміжного скріплення типу КПП-5	113
<i>Ватуля Г.Л., Орел Е.Ф., Игнатенко А.В.</i> Определение огнестойкости сталебетонных балок с подбором эффективной огнезащиты	119
<i>Харлан В.І.</i> Коефіцієнти постілі дерев'яних шпал для умов під'їзних колій будівельного підприємства	124
 <i>Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту. Локомотиви</i>	
<i>Асмаковський П.М.</i> Модернізація систем управління електровоза ВЛ-11М	130
<i>Харламов П.О., Даценко Є.М.</i> Оцінка ефективності заміни допоміжних машин електровоза ЧС7 на асинхронні машини	136
<i>Смоляк М.І., Фалендиш А.П., Зінківський А.М.</i> Розроблення заходів з підвищення ефективності роботи депо за рахунок раціонального використання енергоресурсів	140

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 656.072.21

УДОСКОНАЛЕННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ НА ОСНОВІ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ СХЕМ ФОРМУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ

Слухач ІППК Х.В. Байрачна, канд. техн. наук О.А. Малахова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСНОВЕ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ СХЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

Слушатель ИППК К.В. Байрачная, канд. техн. наук Е.А. Малахова

IMPROVING SERVICE OF PASSENGER TO BASED RATIONALIZATION SCHEMES FOR THE FORMATION OF A PASSENGER TRAIN

Listener IPPK С Bajrachnaya, cand. of techn. sciences О. Malakhova

На основі прогнозних значень пасажиропотоків розроблена математична модель встановлення функції попиту пасажирів на перевезення в дальньому сполученні. При цьому враховано, що кожна категорія місць у вагоні поїзда дальнього сполучення має задовольняти ту чи іншу потребу пасажирів в перевезенні.

Ключові слова: пасажиропотік, попит, прогнозування, схеми формування.

На основе прогнозных значений пассажиропотоков разработана математическая модель определения функции спроса пассажиров на перевозки в дальнем сообщении. При этом учтено, что каждая категория мест в вагоне поезда дальнего следования должна удовлетворять той или иной потребности пассажира в перевозке.

Ключевые слова: пассажиропоток, спрос, прогнозирование, схемы формирования.

Prediction of passenger traffic (both distant connections and short distances) in modern terms is for the railroad one aspect of governmental activity. Short-term forecasting makes it possible to respond to the changing situation on the market of railway transportation and railway to build a strategy based on the expected volume of passenger traffic.

Based on the predictive values of passengers establishing a mathematical model of the demand for passenger transport in the far traffic. In this case, taking into account that each category for a train distant connections must meet a particular need of the passenger traffic.

Keywords: passenger demand , forecasting , circuit formation.

Рівень економічного і соціального розвитку держави багато в чому визначається його транспортно-забезпеченістю.

Залізничний транспорт – одна з найважливіших базових галузей економіки. Він відіграє ключову роль у забезпеченні транспортних потреб населення та економіки країни. При розгалуженості залізничних ліній найважливішими чинниками економічного і соціального розвитку країни є проведення економічних перетворень, зміцнення соціально-

економічної єдності країни, нормального функціонування складного господарського комплексу. Залізничний транспорт – один з основних інструментів раціонального розвитку і розміщення виробничих сил, оптимізації господарських зв'язків, розроблення та впровадження нових альтернативних джерел паливних ресурсів.

Пасажирські перевезення на залізничному транспорті – найважливіша складова перевізного процесу, однією з

особливостей яких є яскраво виражений соціальний характер, оскільки перевезення різних категорій населення зачіпає інтереси мільйонів пасажирів.

Для збільшення прибутковості пасажирського комплексу необхідно визначити шляхи, що дадуть змогу підвищити ефективність функціонування системи освоєння пасажиропотоків [1]:

- скоротити витрати на перевезення пасажирів при одночасному підвищенні якості перевезень та забезпеченні безпеки, комфортабельності, терміновості;

- підвищити конкурентоспроможність пасажирського залізничного транспорту;

- винайти можливість надання якісно нових додаткових послуг пасажирам далекого прямування.

У сучасних умовах експлуатації залізничного транспорту найважливішого значення набувають економіко – математичні методи управління і організації пасажирських перевезень, спрямовані на задоволення вимог пасажирів при одночасному скороченні витрат залізничного транспорту.

Питаннями підвищення ефективності пасажирських перевезень на залізничному транспорті займалися багато видатних вчених, такі як: М.І. Данько, Т.В. Буцько, В.Г. Шубко, Н.В. Правдін, Ю.О. Пазойський, Ю.В. Єлизарьєв, Е.А. Юркова, В.В. Тітов, С.Б. Єлизаров, О.А. Нікітін, К.А. Сенцова, В.В. Мішанін, А.А. Попов, П.О. Яновський і багато інших наукових діячів. Усі вони у своїх роботах шукали шляхи вирішення існуючих на залізниці проблем удосконалення пасажирських перевезень, використовуючи різні форми: статистичний аналіз, анкетування, прогнозування й інші наукові дослідження.

Ефективність пасажирських перевезень залежить від кількості перевезених пасажирів та способів заохочення нових клієнтів до перевезень саме залізничним транспортом.

Прогнозовані обсяги пасажиропотоку впливатимуть на розміри руху поїздів різних напрямків.

При нормуванні розмірів руху пасажирських поїздів, їх маси і швидкості необхідно забезпечити:

- повне і своєчасне задоволення потреб населення у перевезеннях з різним рівнем наданого сервісу;

- мінімально можливу кількість пересадок пасажирів;

- високі швидкості прямування пасажирських поїздів для зменшення часу перебування пасажирів на шляху прямування;

- ефективне використання рухомого складу і ресурсів пропускної спроможності залізничних напрямків;

- роботу напрямків ділянок залізниць з урахуванням забезпечення пропуску вантажних і пасажирських поїздів приміського та місцевого сполучень.

Правильне визначення числа призначень далеких і місцевих пасажирських поїздів на мережі залізниць має сприяти, з одного боку, повному задоволенню потреб суспільства в перевезеннях, з іншого боку – більш ефективному використанню залізничної інфраструктури, в тому числі рухомого складу.

Розміри руху встановлюються на підставі таких чинників:

- потужності і характеру розподілу пасажиропотоків на залізничних напрямках;

- вагових норм пасажирських поїздів;

- категорій пасажирських поїздів і дальності їх прямування;

- схеми составів пасажирських поїздів і місткості пасажирських вагонів;

- техніко-економічних характеристик залізничних напрямків.

Основою при визначенні розмірів руху пасажирських поїздів є перспективні пасажиропотоки. Для визначення числа і призначень пасажирських поїздів необхідно знати густоту пасажиропотоків на кожній дільниці мережі залізниць. Розміри руху визначаються за найбільшою величиною розрахункового пасажиропотоку в парному або непарному напрямках.

Задача прогнозування обсягів пасажирських перевезень є основою для вирішення багатьох задач оптимізації системи пасажирських залізничних перевезень за критеріями, безпосередньо пов'язаними з показником рентабельності (доходи, затрати, прибуток), оскільки оптимальність планів, отриманих при вирішенні цих завдань, залежить насамперед від точності прогнозів.

Останнім часом при прогнозуванні усе більше уваги приділяється нетрадиційним методам. Це пов'язано з появою нових способів обробки інформації. Серед них треба відзначити нейронні мережі. Відмітна риса

методу прогнозування на основі нейронних мереж полягає у можливості використання в умовах нестабільних економічних ситуацій.

Переваги нейромережових технологій такі:

- можливість вирішення практично будь-якого завдання;
- завдання можуть бути недостатньо формалізовані, мати зашумлені й неправильні вхідні дані;
- відсутність усяких вимог до форми розподілу даних;
- можливість комбінування мереж;
- поєднання здатності комп'ютера до обробки чисел і здатності мозку до узагальнення й розпізнавання.

Розроблювана система дозволить вирішити завдання керування пасажирськими залізничними перевезеннями, ґрунтуючись на прогнозуванні обсягів перевезень за допомогою апарата нейронних мереж. Прогнозування – це ключовий момент при прийнятті рішень у керуванні залізничними перевезеннями.

Система підтримки прийняття рішень керування перевезеннями зможе не тільки спрогнозувати очікуваний пасажиро потік, але й визначити передбачувану рентабельність рейсів, очікуваний економічний ефект від зменшення або збільшення їхньої кількості, а також визначити найбільш оптимальні варіанти керування пасажирськими залізничними перевезеннями.

Одним із завдань, що вирішуються при побудові моделі попиту пасажирів, є вивчення формалізованої (описаної за допомогою засобів математики) теорії поведінки пасажирів. Математична модель має пояснити, яким чином визначається вибір місць кожним пасажиром.

Очевидно, доступні набори місць визначаються, по-перше, заданими цінами на квитки відповідних категорій, а по-друге, певним доходом, який має у своєму розпорядженні споживач транспортних послуг, тобто проблема індивідуального вибору пасажирів полягає у вирішенні питання про те, якої категорії квиток він може придбати при заданих цінах на перевезення і відповідному доході.

Кожна категорія місць у вагоні поїзда дальнього сполучення має задовольняти ту або іншу потребу пасажирів в перевезенні. Здатність задовольняти різні споживчі потреби називають корисністю блага [2]. Вибір пасажиром одного набору місць із множини доступних йому залежить від його пріоритетів, фізичних мож-

ливостей, звичок тощо. Отже, при розгляді двох різних наборів місць у вагонах різних категорій $a = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ і $b = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ пасажиру потрібно вирішувати такі питання:

- набір місць x більш переважний (корисніший), ніж набір місць y ;
- набір місць y більш переважний, ніж набір місць x ;
- набори місць x і y рівні (однаково корисні, рівноцінні, рівнозначні).

Дане поняття відношення переваги дозволяє сформулювати такий принцип вибору споживача: пасажир обирає найбільш переважний набір місць у вагонах різних категорій із множини доступних йому. Але такий підхід не завжди є зручним, тому скористаємося логарифмічною функцією корисності для переваги одного набору місць над іншим.

Функція корисності може бути визначена як для всіх наборів місць у вагонах різних категорій $a = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, так і для кожного місця окремо, тобто для кожного місця j визначається своя функція корисності $u_j = (x_j)$.

$$u(x) = \sum_{j=1}^n a_j \ln x_j, \quad (1)$$

причому $a_j > 0$, $x_j > 0$, $j = \overline{1, n}$,

де a_j — коефіцієнт функції опитування.

Функція корисності $u(x)$, по суті, зображує систему пріоритетів пасажирів. Основна її властивість полягає в тому, що пасажир віддає перевагу x , а не y , якщо $u(x) > u(y)$, тобто функція упорядковує набори місць у вагонах різних типів за рівнем переваги їх один над одним. Отже, пасажир при виборі набору місць прагне до максимізації своєї функції корисності.

Оскільки перевага пасажирів при виборі категорії вагона виражається цільовою функцією $u(x)$, то модель вибору категорії вагона пасажиром має вигляд такого завдання математичного програмування [3]:

$$u(x) = (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max u \quad (2)$$

при таких обмеженнях

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n p_j x_j \leq M, \text{ за місткістю состава} \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n}, \text{ за наявністю пасажирів} \end{cases} \quad (3)$$

Отримана функція попиту може бути використана при вирішенні завдань оптимізації плану формування пасажирських поїздів дальнього прямування з врахуванням запиту пасажирів на різні категорії місць, а також для оцінки задоволення попиту на залізничні перевезення.

На рисунку наведені гістограми розподілу коефіцієнта щодобового використання місць купейних, плацкартних та люксових пасажирських поїздів, а в таблиці статистичні параметри розподілу щодобової

нерівномірності пасажиропотоків. Із наведених даних бачимо, що найбільш стійкий попит мають місця у плацкартних вагонах, для яких середній коефіцієнт використання місткості складає 0,78 та 0,87 для непарного та парного напрямків відповідно. Однак і для цих вагонів ступінь використання місць в окремі періоди складає менш ніж 60%. Для купейних вагонів та особливо люксових середній коефіцієнт використання місткості має менше значення та перебуває в межах 55-75%. Відповідно більше значення для цих вагонів має коефіцієнт варіації випадкової величини. Причиною такого положення є те, що состав у пасажирського поїзда коригується в окремі дні і пасажиропотік має дуже складну природу для прогнозування.

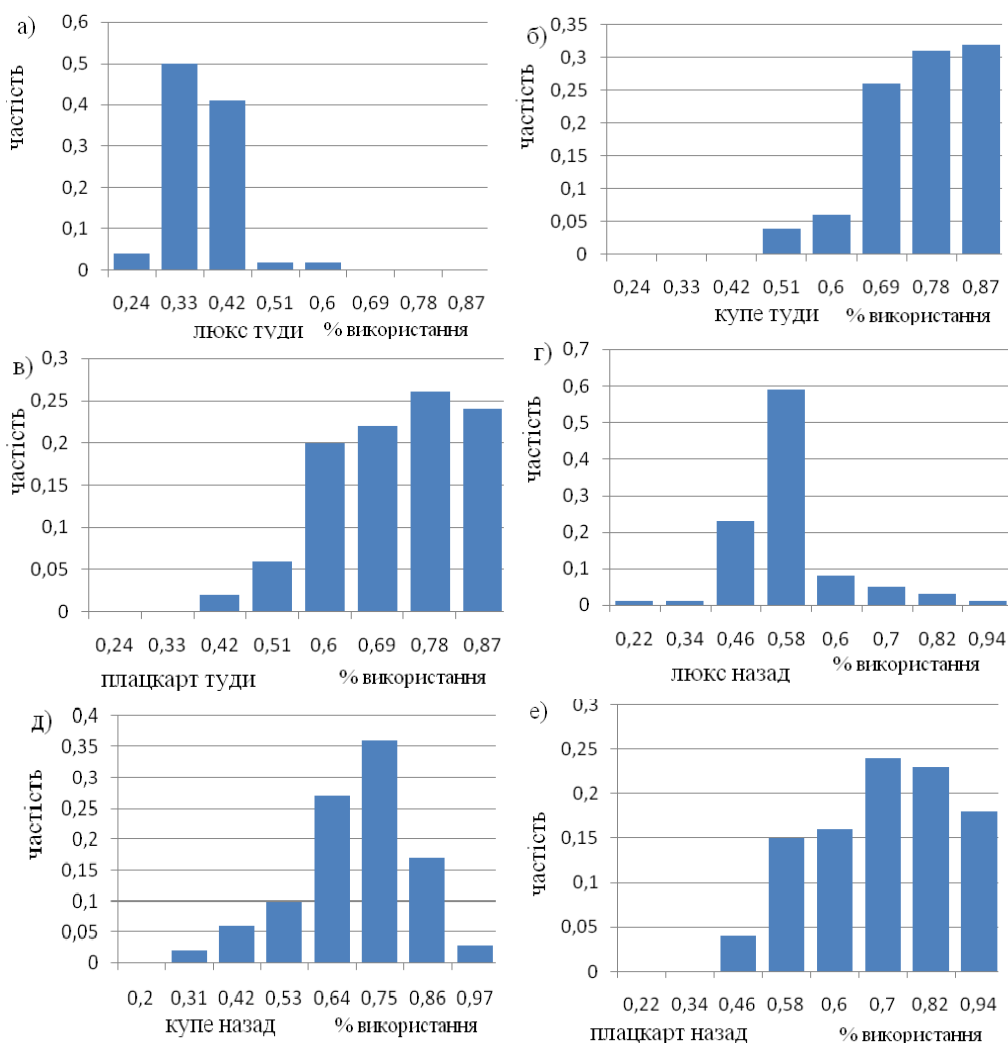


Рис. Гістограми розподілу коефіцієнта щодобової нерівномірності використання місць у вагонах: а,б,в – відповідно люксам, купейних та плацкартних парного напрямку; г,д,е – відповідно люксам, купейних та плацкартних непарного напрямку

Статистичні параметри розподілу щодобової нерівномірності пасажиропотоків
у вагонах пасажирського поїзда

Найменування параметрів	Значення параметрів для вагонів:					
	парного напрямку			непарного напрямку		
	люкс	купе	плацкарт	люкс	купе	плацкарт
Середнє значення експериментального ряду	0,37	0,76	0,72	0,57	0,7	0,73
Дисперсія	1,12	0,37	0,31	0,72	0,36	0,27
Середнє квадратичне відхилення	1,06	0,61	0,56	0,85	0,6	0,52
Коефіцієнт варіації	2,86	0,8	0,78	1,49	0,86	0,71

Для покращення якості використання пасажирських вагонів та зменшення витрат на пасажирські перевезення формують состави змінної довжини та композиції залежно від попиту.

Висновок. Перевезення пасажирів залізничним транспортом постійно конкурують на ринку транспортних послуг із

автомобільним транспортом. Для збільшення обсягів пасажирських перевезень необхідно застосовувати всі заходи організаційного та реконструктивного характеру, серед яких збільшення швидкостей перевезень, оновлення рухомого складу, гнучка тарифна політика, покращення сервісу на вокзалах та в поїздах, розвиток інформаційних технологій.

Список використаних джерел

1. Марчук, Б.Е. Стратегия и приоритетные направления развития системы управления пассажирскими железнодорожными перевозками [Текст] / Б.Е. Марчук, Н.Н.Красильникова, Е.А. Макарова // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 5.
2. Пазойский, Ю.О. Математическая модель оптимизации пассажирских перевозок в дальнем сообщении [Текст] / Ю.О. Пазойский, Д.В. Глазков // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – № 2.
3. Корнев, С.А. Разработка системы поддержки принятия решений управления пассажирскими авиаперевозками ДонбассАэро: автореферат магистерской работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/kita/kornev/diss/index.htm>.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Байрачна Христина Василівна, слухач ІППК Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: 0956064031.

Малахова Олена Анатоліївна канд. техн. наук, доцент кафедри управління процесами перевезень Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: 0663418481. E-mail: alena__mal@mail.ru

Vajrachnaya Christine V., listener IPPK Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: 0956064031.

Malakhova Olena A. cand. of techn. sciences, associate professor of transportation management processes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: 0663418481. E-mail: alena__mal@mail.ru.

УДК 656.213.1

АНАЛІЗ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Канд. техн. наук А.Л. Обухова, магістрант В.О. Бакун

АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ПОГРАНИЧНЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Канд. техн. наук А.Л. Обухова, магистрант В.А. Бакун

ANALYSIS AND SUGGESTIONS FOR IMPROVEMENT TECHNOLOGY WORKS BORDER CROSSING STATIONS

Cand. of techn. sciences A. Obukhova, master student V. Bakun

У статті проаналізовано основні показники роботи залізниць України за 2013 рік, з урахуванням обсягів перевезення за основними видами вантажів і перевезення імпорتنних, експортних і транзитних вантажів. Розглянуто роль прикордонних передавальних станцій, технології їх роботи при виконанні доставки вантажів, основні проблеми в роботі та шляхи вирішення.

Ключові слова: імпорتنний вантаж, експортний вантаж, прикордонна передавальна станція, простій.

В статье проанализированы основные показатели работы железных дорог Украины за 2013 год, с учетом объемов перевозки по основным видам грузов и перевозки импортных, экспортных и транзитных грузов. Рассмотрена роль приграничных передаточных станций, технологии их работы при выполнении доставки грузов, основные проблемы в работе и пути решения.

Ключевые слова: импортный груз, экспортный груз, приграничная передаточная станция, простой.

The article analyzes the main indicators of the railways of Ukraine for 2013, taking into account the volume of the main types of transportation for cargo and transportation of import, export and transit of goods. Examined the role of cross-border transfer stations, technology for their work in carrying out cargo delivery. The main problems in the cross-border transfer stations in the processing of material and information flows. Some possible solutions to these problems, including taking into account the experience of other countries.

Keywords: imported goods, export goods, cross-border transfer station, simple.

Вступ. Географічне розташування України обумовлює велику економічну роль транзитних та експортно-імпорتنних транспортних потоків. Залізничний транспорт бере на себе основне навантаження в забезпеченні попиту транспортними послугами, тому в умовах сучасної економіки виникає необхідність у дослідженні та удосконаленні транспортних процесів.

Постановка проблеми. Для зміцнення зовнішніх торгово-економічних зв'язків держави необхідне постійне залучення експортно-імпорتنних та транзитних вантажопотоків. Для їх освоєння, стабільної та

безвідмовної переробки виникає необхідність в удосконаленні технологій роботи, пропускну та переробної спроможності прикордонних передавальних станцій.

Мета і задачі дослідження. В роботі проведено аналіз показників експортно-імпорتنних вантажопотоків минулого року; аналіз технологій роботи прикордонних та передавальних залізничних станцій; надано пропозиції щодо удосконалення технології роботи прикордонних та передавальних залізничних станцій та покращення інформаційної складової перевізного процесу

експортних і імпортних вантажопотоків через прикордонні станції.

Метою роботи є розгляд технології роботи прикордонних і передавальних залізничних станцій та покращення їх роботи за рахунок удосконалення процесу обробки вантажопотоків.

Виклад основного матеріалу. У минулому 2013 році залізничним транспортом України перевезено 443,6 млн тонн вантажів, що на 3 % менше, ніж у 2012 році.

Основним видом вантажів, що перевозяться залізничним транспортом України, є кам'яне вугілля, якого упродовж 2013 року було перевезено 118,8 млн тонн. Окрім цього, у номенклатурі вантажів переважають руда залізна і марганцева – 88,2 млн тонн, мінерально-будівельні матеріали – 69,3 млн тонн, чорні метали – 33,8 млн тонн, нафта і нафтопродукти – 23,2 млн тонн, а також зерно і продукти помелу 23,2 млн тонн.

При цьому у внутрішньому сполученні у січні-грудні 2013 року перевезено 229,1 млн тонн вантажів, що на 4,3 % менше показника 2012 року.

Імпортних вантажів ввезено в Україну 34,9 млн тонн вантажів (на 0,5 % менше обсягів 2012 року) [2].

Збільшення обсягів перевезень спостерігається лише серед експортних вантажів – до 145,5 млн тонн, що на 3,2 % перевищує показники 2012 року, і є найбільшим показником перевезення експортних вантажів за останні 17 років.

Обсяг транзитних перевезень, за підсумками минулого року, склав понад 34 млн тонн, що на 18,8 % менше обсягів 2012 року.

Зокрема, упродовж 2013 року залізниці України перевезли за всіма видами сполучень (імпорт, експорт, транзит та внутрішні перевезення) 80481 контейнер (в ДФЕ – 20-футовому еквіваленті), що на 12 % менше, ніж у 2012 році, коли було перевезено 91444 контейнерів у ДФЕ.

Зважаючи на зменшення загальних показників роботи залізничного транспорту, виникає необхідність у здійсненні таких заходів:

- підвищення конкурентоспроможності та потенціалу залізничного транспорту на ринку транспортних послуг;

- залучення додаткових вантажопотоків на територію України;

- розширення географії міжнародних проектів за участю залізниць України;

- удосконалення тарифної політики Укрзалізниці;

- технічне переозброєння;

- удосконалення перевізного процесу за рахунок залучення та освоєння сучасних транспортно-логістичних технологій;

- сучасне облаштування прикордонних переходів.

Інфраструктурний потенціал залізниць України має можливості для збільшення обсягів перевезень як на західних, так і на східних кордонах від 10 до 50 %. Одним із кроків для повноцінного використання цього потенціалу є забезпечення якісних змін в організації роботи прикордонних станцій, застосування логістичних підходів, спрощення прикордонних і митних операцій, прискорення технічної та комерційної обробки поїздів і вагонів.

Однак недостатня технічна оснащеність прикордонних переходів, слабкий контроль за просуванням і рівномірним підведенням вантажів до прикордонних переходів, невпорядкованість роботи пунктів пропуску призводять до збоїв у просуванні експортно-імпортних і транзитних вагонопотоків та формування заторів на кордоні. Як наслідок – великі втрати доходів Укрзалізниці від зниження одержуваних провізних платежів.

У роботі прикордонних станцій особливо важливе значення має збалансованість усіх складових, у першу чергу узгодженість взаємодії прикордонної, митної та залізничної служб, а також чітке дотримання домовленостей із сусідніми країнами про приймання поїздів. В іншому випадку наявне місце невиконання плану простоїв. Тільки комплексне вирішення пов'язаних з цим питань дозволяє реально збільшити пропуск вагонів і вантажів через прикордонні переходи. Як показує досвід російських залізниць (РЖД), вагомий ефект для збільшення пропуску поїздів через прикордонні переходи дають використання на прикордонних станціях промислового телебачення, автоматизованих систем «Етра», погодженого підведення поїздів і вантажів «Вантажний експрес», комерційного огляду поїздів і вагонів (АСКО ПВ), сучасних засобів зв'язку, реалізація технічних заходів щодо забезпечення прикордонного режиму і попереднє декларування вантажів,

застосування яких помітно прискорює митні та прикордонні формальності [5].

Таким чином, для інтенсифікації міжнародних перевезень необхідно звернути увагу на удосконалення роботи залізничних прикордонних станцій з урахуванням досвіду РЖД та детально проаналізувати технологію роботи цих станцій для виявлення реальних резервів часу, за рахунок яких можна скоротити простої.

Передавальні станції на кордоні з країнами СНД мають ряд проблем технічного і технологічного характеру. Це пов'язано з тим, що після розпаду СРСР, з утворенням нових міждержавних кордонів, виникла потреба у нових передавальних прикордонних станціях, які було утворено з вже існуючих технічних станцій (дільничних та сортувальних). Через це постав ряд проблем, таких як: відсутність достатніх технічних засобів і оснащення, призначеного для виконання митних операцій і, як наслідок, складнощі з переходом до нової технології роботи станцій.

Вирішенню цих задач сприятиме оснащення означених станцій додатковими спорудами, пристроями, засобами зв'язку, з урахуванням сучасних вимог до організації державного контролю, впровадження засобів для перевірки вантажів у транспортних засобах, огороження станційних колій та митних зон з метою якісного і своєчасного митного та прикордонного огляду.

До основних операцій, що виконуються на прикордонних передавальних станціях, належать [4]:

- маневрова робота;
- технічне обслуговування та комерційний огляд вагонів;
- митний та прикордонний контроль вантажів, составів поїздів, перевізних документів;
- обробка документів таксувальниками прикордонної транспортно-експедиційної контори;
- декларування транзитних та імпортованих вантажів;
- фітосанітарний, радіологічний, карантинний, епідеміологічний, екологічний види контролю вантажів.

Час обробки поїзда по прибутті на прикордонній станції можна визначити за формулою

$$T_{прст} = T_{пр} + (T_{то, ко, мо}) + T_{докум}, \quad (1)$$

де $T_{пр}$ – час на операції з приймання;

$T_{то, ко}$ – час на проведення технічного (ТО) та комерційного огляду (КО) состава;

$T_{мо}$ – час на митний огляд состава (операції проводяться паралельно з ТО та КО);

$T_{докум}$ – час на обробку перевізних документів.

Далі виконуються операції з розформування або відправлення поїздів.

Час на обробку перевізних документів містить такі елементи:

$$T_{докум} = T_{ПТЕК} + T_{кар} + T_{ек} + T_{мк}, \quad (2)$$

де $T_{ПТЕК}$ – час на обробку документів працівниками ПрикордонТЕК;

$T_{кар}$ – час на обробку документів карантинною службою;

$T_{ек}$ – час на обробку документів екологічною службою,

$T_{мк}$ – час на обробку документів митними органами.

Додатковими для поїздів, що перетинають кордон, є такі операції:

- митний огляд состава;
- обробка документів працівниками ПрикордонТЕК;
- митний контроль документів.

При виконанні цих операцій на прикордонних станціях можливі затримки вагонів з таких причин:

- збільшення тривалості митних та прикордонних операцій;
 - неякісне оформлення перевізних документів;
 - технічні та комерційні несправності вагонів;
 - відчеплення вагонів, затриманих прикордонними, митними, санітарно-карантинними, ветеринарними та іншими органами;
 - тимчасове закриття кордону.
- Затримки фітосанітарною службою:
- неправильно оформлені документи;
 - відсутній календарний штампель;
 - комерційний брак;
 - конвенційна заборона;
 - навантаження понад вантажопідйомність;
 - недостатність документів для митного оформлення;

- відсутність дозволу фітосанітарних служб;
- переважування.

Аналіз основних причин затримок вагонів визначив, що в першу чергу значну увагу слід приділяти правильності оформлення перевізних документів.

Значної економії часу на оформлення передачі вантажу через кордон було досягнуто за допомогою застосування уніфікованої за вимогами східного та західного транспортного права залізничної накладної ЦІМ/СМГС як основного перевізного документа. Ця накладна не потребує переоформлення при перетинанні кордону і є електронною копією транзитної декларації, що значно спрощує процедуру митного оформлення вантажу.

Скорочення часу доставки вантажів можна досягти за рахунок зменшення технологічного часу обробки поїздів на прикордонних станціях. Таку можливість дає виключення повторного митного огляду залізницею, що приймає. Одним з варіантів скорочення часу передачі вагонів є проведення митного огляду лише один раз (на території країни, що здає вантаж за участі робітників обох суміжних залізниць).

Крім того, одним з варіантів прискорення обробки поїздів на прикордонних станціях є виключення на них митного огляду взагалі. Наприклад, Федеральною митною службою (ФТС) Росії було запропоновано не робити повторний митний огляд не тільки на шляху прямування вантажу, але і в місцях їх вибу-

вання з митної території Російської Федерації. Для цього перевізник має пред'явити акт огляду митного органу відправлення та цілісність пломб, кузовів, контейнерів. Слід також зазначити, що, на відміну від вищезначеного варіанта митного огляду, повне його виключення знижує потребу в робітниках для його проведення, внаслідок чого зменшуються витрати на штат робітників [3].

Для втілення таких заходів на залізницях сусідніх країн мають існувати однакові вимоги та нормативи щодо технічного стану вагонів і порядку його контролю. З цією метою необхідно уніфікувати відповідні технічні вимоги країн, що граничать, та їх залізниць.

Для прискорення обміну даними, що пов'язані з перевезенням вантажів, доцільне впровадження новітніх інформаційних систем, що забезпечать взаємодію різних електронних систем окремих залізниць.

Висновок. Сучасні економічні тенденції та інтеграційні процеси вимагають постійного удосконалення організації експортно-імпортних та транзитних перевезень, що виконуються залізничним транспортом України, оптимізації взаємодії залізниць із залізницями сусідніх держав, суміжними службами, митними, прикордонними та іншими органами. Необхідним також є задоволення вимог сучасності в плані інформаційного та технологічного забезпечення перевізного процесу на прикордонних залізничних станціях для спрощення процесу передачі вантажопотоків на залізниці сусідніх держав.

Список використаних джерел

1. Железнодорожные пограничные переходы [Текст] // Железные дороги РФ. – 2003. – № 4. – С. 9-41.
2. У 2013 році залізниці України перевезли 443,6 млн тонн вантажів [Електронний ресурс] : офіційний веб-сайт Укрзалізниці. – Режим доступу: https://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-10/369167.
3. Пасічник, В.І. Проблеми ефективного використання основних залізничних напрямків і прикордонних переходів [Текст] / В.І. Пасічник // Залізничний транспорт України. – 1999. – № 1 (4-5). – С. 8-12.
4. Альошинський, Є.С. Напрямки удосконалення роботи прикордонних передавальних залізничних станцій на кордонах з країнами СНД [Текст] / Є.С. Альошинський, Н.В. Колесникова // Вісник ХПП. – 2009. – № 15. – С. 29-34.
5. Пасічник, А.М. Удосконалення технологій переробки експортно-імпортного вантажопотоку в пунктах пропуску [Електронний ресурс] / А.М. Пасічник, А.І. Кузьменко, Ю.В. Медведюк. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/28_PRNT_2011/Tecnic/4_91993.doc.htm.

6. За 2013 рік Укрзалізниця перевезла понад 80,4 тис. контейнерів [Електронний ресурс]: офіційний веб-сайт Укрзалізниці. – Режим доступу: https://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-2/372681/

7. Кірпа, Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: монографія / Г.М. Кірпа. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.

8. Альошинський, Є.С. Координація роботи сортувальних станцій України при обслуговуванні міжнародних вантажних вагонопотоків [Текст] / Є.С. Альошинський, К.В. Головастікова, Н.С. Лихачова // Збірник наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 112. – С. 12-17.

9. У 2013 році прогнозується найбільший показник експорту за останні 17 років [Електронний ресурс]: офіційний веб-сайт Укрзалізниці. – Режим доступу: https://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-14/368564/

10. З січня по листопад 2013 року залізниці України перевезли в усіх видах сполучення майже 405 млн тонн вантажів [Електронний ресурс]: офіційний веб-сайт Укрзалізниці. – Режим доступу: https://uz.gov.ua/press_center/up_to_date_topic/page-18/366918/

Рецензент д-р техн. наук, професор Д.В. Ломотько

Обухова А.Л., кандидат технічних наук, доцент Української державної академії залізничного транспорту.

Бакун Валерій Олексійович, магістрант Української державної академії залізничного транспорту. Конт. тел. +380955664848, e-mail: valerio7778@mail.ru.

Obukhova A., cand. of techn. sciences, associate professor of Ukrainian State Academy of Railway Transport.

Bakun Valeriy master student, Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel. +380955664848, e-mail: valerio7778@mail.ru

УДК 656.222.6

АНАЛІЗ ВАНТАЖНОЇ ТА КОМЕРЦІЙНОЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ В УМОВАХ РЕФОРМУВАННЯ ГАЛУЗІ

Канд. техн. наук Я.В. Запара, магістрант І.С. Безуглий

АНАЛИЗ ГРУЗОВОЙ И КОММЕРЧЕСКОЙ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ОТРАСЛИ

Кандидат техн. наук Я.В. Запара, магистрант И.С. Безуглый

ANALYSIS TRUCKS AND COMMERCIAL WORK STATIONS IN THE DESIGN INDUSTRY REFORM

Cand. of techn. sciences Y. Zapara, master student I. Bezuglyu

Простій місцевого вагона на станції є одним із основних елементів обігу вантажного вагона. У статті виконано детальний аналіз часу перебування місцевих вагонів та причин затримок на прикладі станції Ясинувата Донецької залізниці в сучасних умовах.

Запропоновані основні напрямки зменшення часу перебування місцевих вагонів на станції та запропоновані шляхи їх вирішення.

Ключові слова: місцевий вагон, сортувальна станція, простій місцевого вагона, очікування операцій, технологічна норма.

Простой местного вагона на станции является одним из основных элементов оборота грузового вагона. В статье произведен детальный анализ времени нахождения местных вагонов и

причин задержек на примере станции Ясиноватая Донецкой железной дороги в современных условиях.

Намечены основные направления уменьшения времени нахождения местных вагонов на станции и предложены пути их решения.

Ключові слова: местный вагон, сортировочная станция, простой местного вагона, ожидания операций, технологическая норма.

Simple local station wagon is one of the key elements of outstanding freight cars . In recent years there has been a tendency of increase in this indicator , which leads to inefficient use of rolling stock on a railway station . In this paper, a detailed analysis of trucks and commercial work at the Donetsk railway station Yasynuvata to meet modern conditions reform that allowed the possible ways of improvement of technology relevant work station. The basic direction of reducing the time of the local station wagons and proposed solutions. Established that such a simple local causes excess wagon as a ban wagon load of Ukrainian transporно and logistics center abroad, renewal of contracts with the owners of rolling stock is not typical in previous years due to changes that occur in the field of rail freight . Carried shift mechanism involved in service work to perform planning, organization and maintenance of local car traffic . Now bounds painted schedule interactions station Directorate, Railway, State Enterprise Ukrainian transporно and logistics center abroad and management of transport Railways .

Keywords: local car, switchyard, simple local car, waiting transactions technological standards.

Вступ. Основною задачею сортувальних станцій є переробка транзитних вагонопотоків. Слід зауважити, що на цих станціях виконується і значний обсяг місцевої роботи. Так, на станції Ясинувата Донецької залізниці місцева робота перевищує 20 тисяч місцевих вагонів за рік.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Вантажну роботу на сортувальних станціях не можна вважати задовільною, тому що останнім часом спостерігається значне перевищення простою місцевого вагона над плановими та нормативними значеннями. За даними показників станції Ясинувата за 2013 рік невиконання плану простою місцевого вагона становить 10 місяців із 12. Така тенденція негативно впливає на основні показники роботи залізниць, зокрема на обіг вантажного вагона, який у 2013 році склав 7,54 доби, що на 1,39 доби більше, ніж у 2012 році. Отже, вдосконалення вантажної та комерційної роботи на сортувальних станціях в період реформування галузі набуває важливого та актуального значення і потребує детального аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням вдосконалення вантажної та комерційної роботи на станціях приділено багато уваги. Зокрема, дослідженнями в цій галузі займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені (В.М. Акулінічев, А.М. Берестовий,

М.І. Данько, А.Т. Дерibas, А.М. Котенко, Д.В. Ломотько, В.К. Мироненко, В.В. Повороженко, А.О. Поляков, А.А. Смехов тощо). Серед останніх робіт слід відмітити напрацювання Я.В. Запари, А.О. Ковальова, Р.Г. Коробйової, С.М. Продашук, Є.В. Сушарина та інших [1,2]. У публікаціях вчених недостатньо приділено уваги питанням удосконалення вантажної та комерційної роботи сортувальних та інших станцій в умовах реформування галузі [3].

Визначення мети та задачі дослідження. Необхідним є вирішення завдання зменшення можливих затримок місцевих вагонів на станції та раціональне використання рухомого складу. У роботі проведено детальний аналіз вантажної та комерційної роботи на базі станції Ясинувата Донецької залізниці з урахуванням сучасних умов реформування галузі, що дасть змогу окреслити можливі шляхи удосконалення технології роботи станції.

Основна частина дослідження. Загальний час перебування місцевих вагонів на сортувальній або вантажній станції включає послідовність тривалості певної кількості технологічних операцій та їх очікування, які виконуються над вагоном згідно з регламентуючими документами станції [4,5].

Загальний час простою місцевого вагона на станції включає такі елементи: час, який витрачається на операції з прибуття; час на сортування і підбирання вагонів; час

Організація перевезень і управління на транспорті

очікування подачі до вантажних фронтів; час подачі до вантажних фронтів; час очікування вантажних операцій; час перебування під вантажною операцією; час очікування забирання з вантажних фронтів; час, який витрачається на забирання вагонів; час формування поїздів, що будуть відправлені; час очікування відправлення; час на операції з відправлення, а також у певних випадках – час на виконання та очікування митних операцій; час та очікування переадресування тощо.

Проведено детальний аналіз простою місцевого вагона на прикладі станції Ясинувата Донецької залізниці за період 2012-2013 року (рис. 1). За цей період виконано оцінку динаміки зміни місцевого вагонопотоку (рис. 2) для виявлення відповідних тенденцій залежності простою місцевого вагона від зміни кількості їх обробки на станції.

Дані, наведені на рис. 1 і 2, вказують на таке:

- у період з березня по жовтень 2012 року спостерігається збільшення середньодобового місцевого вагонопотоку з

138 до 157 вагонів, а простій місцевого вагона зменшився з 75 (квітень 2012 року) до 45 годин (у липні 2012 року), що вказує на обернено пропорційну залежність часу перебування вагона на станції від кількості місцевих вагонів, які проходять обробку на станції;

- протилежна тенденція спостерігається у 2013 році так з квітня по липень простій місцевого вагона збільшився від 61,74 (квітень) до 98,24 години (липень) при стабільному вагонопотоку близько 150 вагонів за добу;

- тенденція обернено пропорційної залежності простою місцевого вагона від середньодобового місцевого вагонопотоку спостерігається в період з листопада 2012 року по березень 2013 року;

- найвищим простій місцевого вагона був у січні 2013 року (124,17 години);

- з січня 2013 року на 20 % (до 70,36 години) збільшився план з виконання простою місцевого вагона на станції;

- невиконання плану станції з простою місцевого вагона у 2012 та 2013 році склав 83 %.

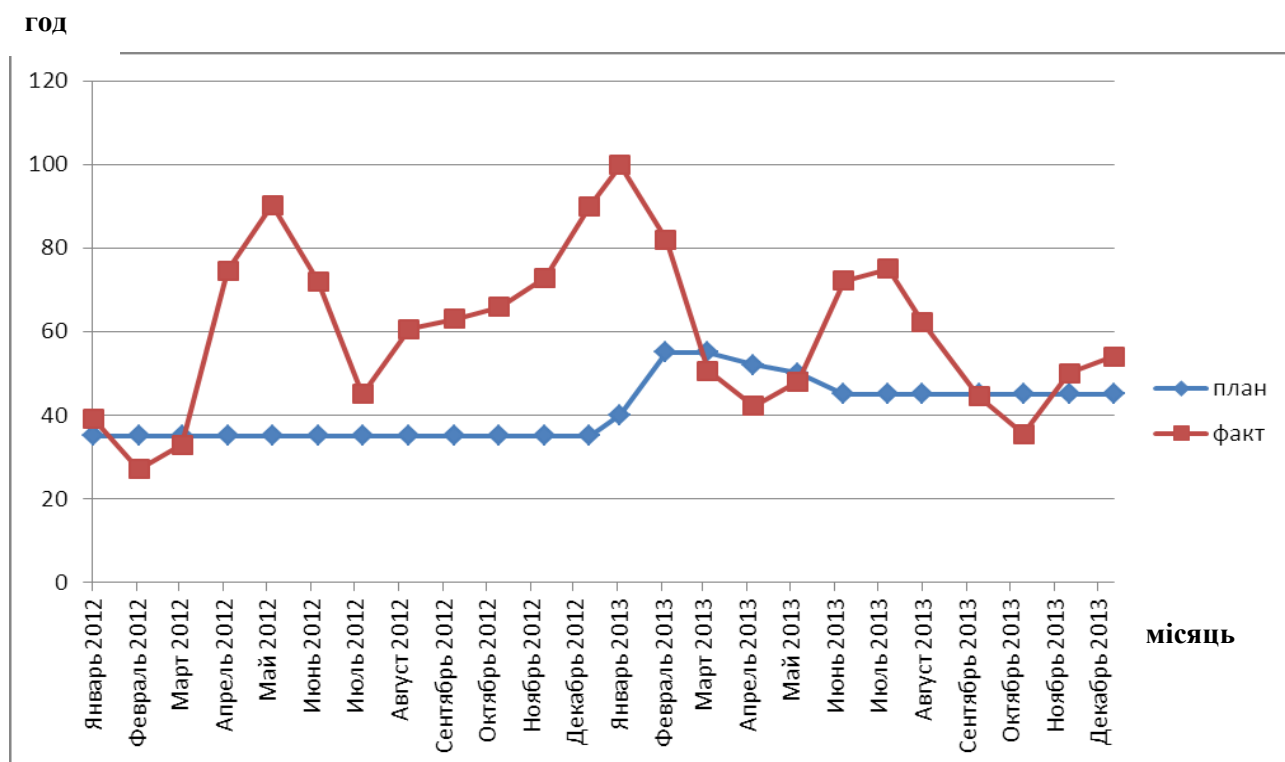


Рис. 1. Простій місцевого вагона під однією вантажною операцією порівняно з планом протягом 2012 та 2013 років по станції Ясинувата Донецької залізниці

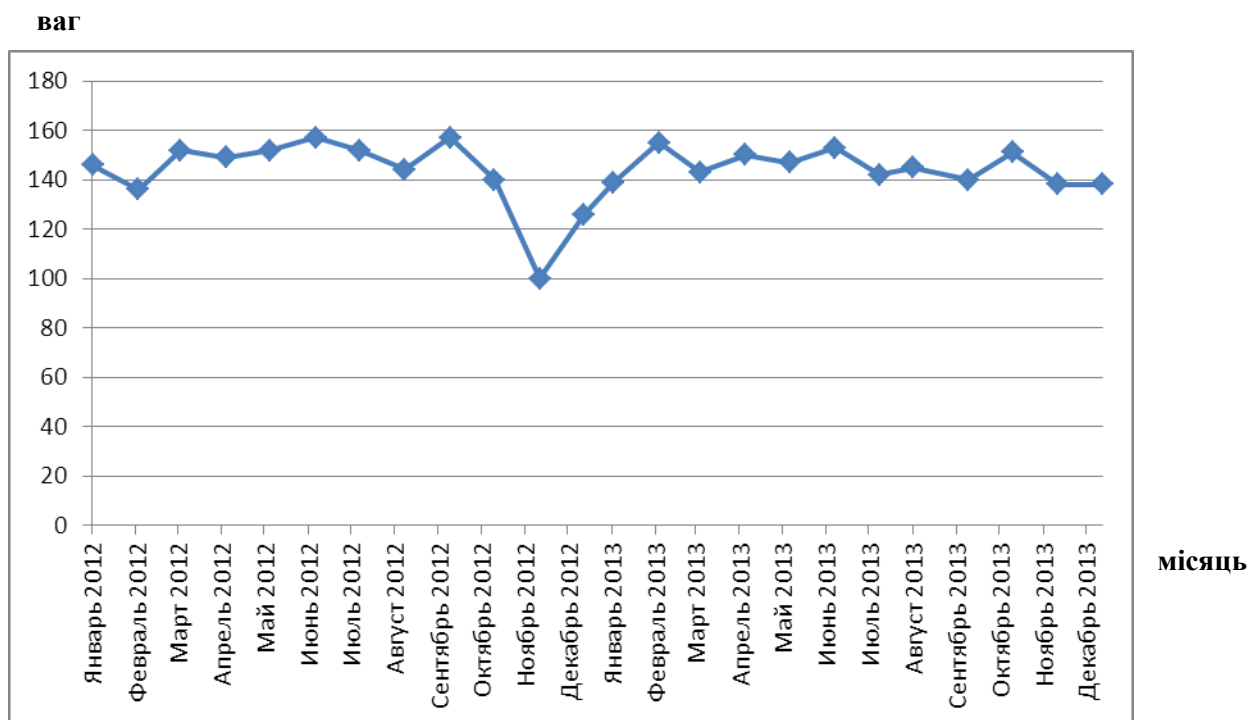


Рис. 2. Середньодобова кількість оброблених місцевих вагонів протягом 2012 та 2013 років по станції Ясинувата Донецької залізниці

Таким чином, найбільший час перебування місцевого вагона на станції припадає на початок року, що пов'язано із нерівномірним масовим прибуттям місцевих вагонів; залежність простою місцевого вагона від кількості вагонопотоку має різні тенденції, через те, що значення показника простою залежить від багатьох факторів.

Виявлені тенденції спонукають більш детально провести аналіз причин перевищення простою місцевого вагона над плановими та нормативними значеннями та виявлення складових простою, які потребують зменшення.

Основними причинами перевищення часу перебування місцевих вагонів на станції є: очікування та перебування вагонів під митними операціями (зокрема очікування декларування вагонів з відправлення та оформлення митних декларацій на під'їзних коліях), що вказує на недосконалу технологію роботи суміжних структур (у даному випадку залізниці і митниці); очікування переадресування вагонів викликано неузгодженістю відправника, перевізника (залізниці) та отримувача; заборона навантаження вагонів Українського транспортно-логістичного центру (УТЛЦ) за

кордон; переукладення договорів з власниками рухомого складу. Інші причини, які мають невеликий відсоток загальних затримок, мають випадковий характер і не мають особливого впливу на зміну простою місцевого вагона.

Останні дві причини є нетиповими для попередніх років і викликані змінами, які відбуваються у галузі вантажних залізничних перевезень. Так, змінився порядок взаємодії Головного управління перевезень, залізниць і ДП «УТЛЦ» в оперативному плануванні і забезпеченні заявок відправників рухомим складом, у якому чітко з'ясовано вертикаль роботи з заявками від аналізу достовірності кількості потрібних вагонів до планування і розподілу рухомого складу. Основними перевагами цих змін є більш ефективне і якісне використання вагонів, що полягає в оперативному направленні рухомого складу на підприємства, де відразу він буде навантажуватися. Відповідно планується точна кількість необхідного навантажувального ресурсу до трьох діб включно. У зв'язку з цим, змінився механізм роботи причетних до виконання оперативного плану перевезень усіх служб. Тепер по годинах розписаний графік

взаємодії станції, дирекції, залізниці, ДП «УТЛЦ» і Головного управління перевезень Укрзалізниці.

Виходячи з тих кроків, які відбуваються у процесі реформування галузі вантажних перевезень, можливо спрогнозувати зменшення простоїв рухомого складу на технічних станціях за рахунок нового порядку взаємодії усіх учасників планування, організації та обслуговування місцевих вагонопотоків.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Проведені дослідження дали змогу виявити недоліки у вантажній та комерційній роботі станції Ясинувата Донецької залізниці. Аналіз простою місцевого вагона вказав на необхідність зменшення такої складової, як простій під вантажними операціями та їх очікуванням. Основними причинами перевищення часу перебування місцевих вагонів на станції є: очікування та перебування

вагонів під митними операціями; очікування переадресування вагонів та причини пов'язані з реформуванням галузі вантажних перевезень, таких як заборона навантаження вагонів УТЛЦ за кордон і переукладення договорів з власниками рухомого складу. Виходячи з проведеного аналізу, необхідно удосконалити технологію роботи Ясинуватського залізничного вузла в частині розвезення місцевих вагонів; організувати чітку взаємодію залізниці з суміжними структурами; ефективніше співпрацювати з відправниками та перевізниками; узгодити взаємодію служб, причетних до планування, організації та обслуговування місцевих вагонопотоків. Запорукою покращення ситуації в роботі з місцевими вагонами має стати використання погодинного графіка взаємодії станції, дирекції, залізниці, ДП «УТЛЦ» і Головного управління перевезень Укрзалізниці.

Список використаних джерел

1. Запара, Я.В. Оцінка часу знаходження місцевого вагонопотоку на станції Основа Південної залізниці [Текст] / Я.В. Запара, В.М. Запара, С.В. Бондарчук // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 120. – С. 5-11.
2. Козаченко, Д.М. Проблеми концентрації роботи з місцевими вагонами залізничних вузлів на технічних станціях [Текст] / Д.М. Козаченко, Р.Г. Коробйова // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: 67 міжнар. наук.-практ. конф., 24-25 травня 2007 р., тези доп. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, – 2007. – С. 130-131.
3. Кулешів, В.М. Удосконалення технології сортувальної і вантажної роботи на станціях вузла в умовах розвитку інформатизації [Текст] / В.М. Кулешов, О.О.Сараєв, В.Є.Молотов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011.– Вип. 120. – С. 28-34.
4. Ветухов, Е.А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов [Текст] / Е.А. Ветухов, М.А. Аветикян. – М.: Транспорт, 1986. – 206 с.
5. Технологічний процес роботи сортувальної станції Ясинувата [Текст] // Рукопис. – Донецьк: Упр. Донецької залізниці, 2012. – 382 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, тел.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.
Безуглий Іван Сергійович, магістрант кафедри управління вантажною та комерційною роботою Української державної академії залізничного транспорту. E-mail: ivan.bezuglyy.85@mail.ru.

Zapara Yaroslav, cand. of techn. sciences, associate professor of management of freight and commercial work Ukrainian State Academy of Railway Transport, tel.: (057) 730-10-85. E-mail: y.zapara@gmail.com.
Bezuglyuy Ivan, master student of department management of freight and commercial work Ukrainian State Academy of Railway Transport. E-mail: ivan.bezuglyy.85@mail.ru.

УДК 656.212:656.225

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ЯСИНУВАТА В УМОВАХ РОЗВИТКУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Канд. техн. наук В.В. Кулешов, Р.С. Сварник

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ ЯСИНОВАТАЯ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Канд. техн. наук В.В. Кулешов, Р.С. Сварник

IMPROVEMENT TECHNOLOGY WORKS MARSHALLING YARDS YASINUVATA IN THE DEVELOPMENT OF INFORMATION

Cand. of techn. sciences V. Kuleshov, R. Svarnik

Розглянуто технічний розвиток сортувальної станції Ясинувата та виконано аналіз роботи за 2011-2013 роки. Показано умови оперативного планування роботи сортувальної станції. Наведено схему одержання інформації і планування роботи станції Ясинувата.

Запропонована модель технології вантажних перевезень у першу чергу ґрунтується на основі використання технічних засобів вирішальних сортувальних вузлових станцій з оптимізацією їх основних параметрів. Показана схема інформаційного забезпечення логістичного ланцюга в умовах АСК ВП УЗ-Є.

Ключові слова: вагон, модель технології вантажних перевезень, парк вагонів, перевезення.

Рассмотрено техническое развитие сортировочной станции Ясиноватая и выполнен анализ работы за 2011-2013 годы. Показаны условия оперативного планирования работы сортировочной станции. Приведена схема получения информации и планирования работы станции Ясиноватая.

Предложенная модель технологии грузовых перевозок в первую очередь основывается на использовании технических средств решающих сортировочных узловых станций с оптимизацией их основных параметров. Показана схема информационного обеспечения логистической цепи в условиях АСК ВП УЗ-Е.

Ключевые слова: вагон, модель технологии грузовых перевозок, парк вагонов, перевозка.

Considered technical development marshalling yard Yasinovata and analyzed work for 2011-2013. The conditions of the operational planning of the rail yard . A scheme of information and planning work station Yasinovata.

The proposed model of freight transport technology is primarily based on the use of technical means decisive sorting hubs with the optimization of their main parameters. Functional objectives are thus compared to the typical technology and common touch, compared to other works, the energy costs of unpredictable shunting movements shunting locomotives. Shows a diagram of the supply chain information support under ASK VP US-E. At the level of the railroad, management of rail transportation (regional traffic control center), all this information is systematized in order to tie into the whole entire workflow of all stations

Keywords: car, model technology, freight wagons, carriage.

Вступ. Залізничний транспорт України є складною системою технологічних підрозділів і технічних засобів, які мають забезпечити перевезення вантажів із максимально можливою продуктивністю, мінімальною собівартістю, гарантованою безпекою руху.

Одним із основних напрямків забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту в умовах транспортного ринку та інтеграції до Європейської співдружності є впровадження ресурсозберігаючих технологій в усі ланки перевізного процесу.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему, з тим, щоб вона забезпечувала всі потреби держави і одночасно мала необхідні резерви. Тому необхідно удосконалити технології роботи сортувальних станцій, а саме станції Ясинувата, в умовах приведення потужності існуючих пристроїв у відповідність до розрахункових обсягів перевезень. Питання удосконалення системи управління парком вантажних вагонів є важливим для подальшого реформування залізничної галузі України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В нормативних документах [1 - 2] при організації перевезень докладно не враховані застосування методів моделювання для транспортного моніторингу перевезень власним парком операторських компаній. Тому у попередніх дослідженнях [3 - 8] були розглянуті сучасні підходи до удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній. Але потребують розв'язання питання удосконалення технології роботи сортувальних станцій в умовах розвитку інформатизації при застосуванні методів моделювання технології вантажних перевезень, яка ґрунтується на основі використання технічних засобів вирішальних сортувальних вузлових станцій з оптимізацією їх основних параметрів. Адже основні кількісні та якісні показники погіршились внаслідок неефективних технологій перевезень.

Визначення мети та задачі дослідження. Мета і задачі дослідження – удосконалення технології роботи сортувальної станції на прикладі станції Ясинувата в умовах розвитку інформатизації.

Основна частина дослідження. Основним призначенням сортувальної станції Ясинувата є виконання операцій з розформування та формування поїздів за призначеннями відповідно до встановленого Порядку направлення вагонопотоків та організації їх у вантажні поїзди, виконання операцій з пропуску поїздів без переробки і з переробкою, технічне обслуговування, комерційний огляд складів і усунення виявлених несправностей вагонів, заміна локомотивів і локомотивних бригад.

Станція Ясинувата формує поїзди підвищеної довжини шляхом об'єднання двох складів транзитних поїздів. На станції виконується зміна локомотивів та локомотивних бригад. Із загального вагонопотоку, що надходить на станцію, транзитний вагонопотік з переробкою складає 63 %, без переробки 37 %. Станція Ясинувата виконує місцеву роботу. Добове навантаження складає 70 вагонів, вивантаження – 55 вагонів. Кількість вагонів у подачі на під'їзні колії: ТОВ «Ясинуватський машинобудівний завод» – 20 ваг обладнання; ЗАТ «Ясинуватський завод залізобетонних виробів» – 12 ваг метало-конструкцій; ТОВ ПКФ «Енергія Н» – 8 ваг металобрухту; ЗАТ «Ясинуватський комбінат хлібопродуктів» – 10 ваг борошна; Дочернє підприємство Управління виробничо-технологічної комплектації – 11 ваг вугілля, будівельних вантажів; Приватне підприємство «Спарк» – 10 ваг обладнання; Ясинуватське управління з газопостачання та газифікації Відкритого акціонерного товариства «Доноблгаз» – 16 ваг газу; ПАТ «Макіївський металургійний завод» – 35 ваг металу; ЗАТ «Макіївкокс» – 35 ваг коксу.

Станція працює на п'ять напрямків – Донецьк-Північний, Авдіївку Скотувату, Макіївку-Пасажирську, Кальміус. У Західному напрямі станція переробляє вагонопотік з боку Скотуватої, Макіївки-Пасажирської, Кальміуса. У Східному напрямку – з боку Донецька-Північного, Авдіївки, Кальміуса.

Станція має дві сортувальні системи з послідовним розташуванням парків приймання, сортувального і відправлення: Східну і Західну. Парки приймання і відправлення систем сполучені між собою напівкільцевими з'єднувальними коліями. Західний парк приймання і Східний сортувальний парк з'єднані внутрішньостанційною з'єднувальною колією.

Східна та Західна механізовані гірки великої потужності станції Ясинувата формують наскрізні, вивізні (з двох груп), дільничні (з двох груп), збірно-дільничні (з трьох груп), збірні – (з двох та п'яти груп) призначення.

Східний парк приймання має 19 колій. Для безперешкодного пропуску локомотивів у депо під горбом Східної гірки споруджена тунельна шляхопровідна розв'язка – колія 3 ДП. Східна механізована гірка має дві колії насуву і

Організація перевезень і управління на транспорті

одну колію розпуску, що дозволяє застосовувати паралельний насув до горба гірки. Східний сортувальний парк має 42 колії. Східний парк відправлення має 11 колій.

До складу Західного парку приймання входять Донецький і Азовський парки. Донецький парк складається з 6 колій. Азовський парк має 3 колії, призначені для операцій з перевантаження вагонів, усунення комерційних несправностей у вагонах, перевірки вагонів. Західна механізована гірка має дві колії насуву і дві колії розпуску, гірка обладнана пристроями ГАЦ. Західний сортувальний парк має 32 колії. Західний парк відправлення має 12 колій.

Транзитний парк Західного відправлення має 8 колій. Пасажирський парк має 8 приймально-відправних колій для приймання і відправлення пасажирських і приміських поїздів з і на Авдіївку, Донецьк-Північний, Скотовату, Макіївку-Пасажирську, Кальміус.

У Західній системі станції розташоване локомотивне депо Ясинувата-Західне. Між Західним парком відправлення і Східним парком приймання розташоване моторвагонне депо. Вагонне депо Ясинувата розташоване в

Західній і Східній системах станції паралельно паркам відправлення.

Аналіз роботи сортувальної станції Ясинувата у 2011-2013 р.р. показав, що основні кількісні та якісні показники погіршилися та складають, відповідно до 2011 р. та 2012 р.: приймання поїздів – 129 або 98 % та 97 %; відправлення поїздів – 123 або 99 % та 98 %; формування поїздів – 63 або 95 %; вагонообіг станції – 13560 ваг або 99 % та 97 %; робочий парк – 2939 ваг або 118 % та 113 %; переробка вагонів – 4351 ваг або 95 % та 94 %; переробка вагонів на Західній гірці – 2106 ваг або 97 % та 95 %; переробка вагонів на Східній гірці – 2245 ваг або 94 % та 92 %; навантаження – 73,9 або 103 % та 100 %; вивантаження – 70,8 ваг або 106 % та 104 %; простій навантаженого транзитного вагона – 9,26 год або 114 % та 106 %; простій транзитного вагона з переробкою – 16,84 год або 119 % та 123 %; простій транзитного вагона без переробкою – 2,12 год або 125 % та 104 %; простій під 1 вантажною операцією – 61,47 год або 105 % та 101 %; простій місцевого вагона – 86,89 год або 108 % та 112 %. Аналіз роботи сортувальної станції Ясинувата за 2011-2013 рр. наведений на рис. 1.

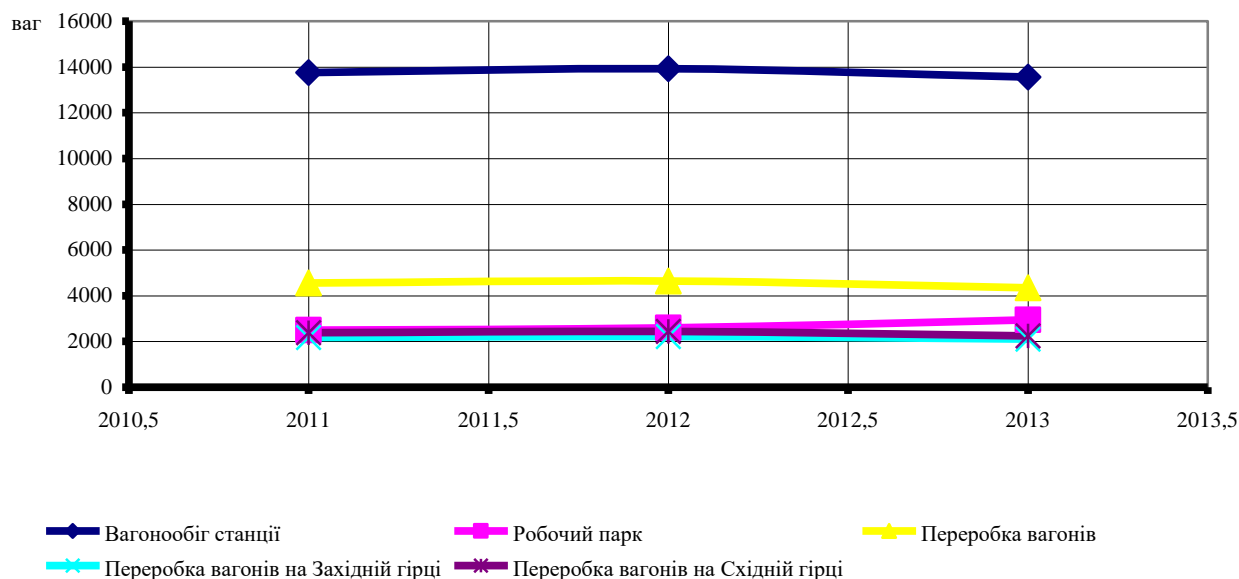


Рис. 1. Аналіз роботи сортувальної станції Ясинувата за 2011-2013 рр.

Оперативне планування роботи станції здійснюється з метою виконання завдання з приймання і відправлення поїздів і вагонів,

навантаження і вивантаження, виконання графіка руху, плану формування поїздів і якісних показників роботи станції.

Організація перевезень і управління на транспорті

Оперативне планування роботи станції здійснюється на добу, зміну і за 4-6 годинними періодами впродовж зміни. Підставою для змінного і поточного планування є інформація про підхід поїздів, вагонів, локомотивів і розрахунок їх наявності, що допускається, на станції до початку планованого періоду.

Умови оперативного планування роботи сортувальної станції:

- оперативне планування поїзної і маневрової роботи станції (на добу і зміну);

- ефективне використання технічних засобів станції, дотримання заходів із забезпечення безпеки руху, маневрової роботи і охорони праці працівників зміни;

- обробка документів у системах КСЕОД СС і АСК ВП УЗ-Є;

- формування поїздів відповідно до встановленого плану формування поїздів і встановлених норм ваги і довжини;

- ефективне використання маневрових засобів і розподіл їх за районами роботи;

- контроль обліку і звітності роботи станції за основними показниками;

- впровадження нової техніки і технології, направлених на ефективне використання технічних засобів;

- оперативний контроль за використанням системи КСЕОД СС і вдосконалення технічних засобів;

- виконання завдань з навантаження і вивантаження вантажів;

- здійснення оперативного планування вантажної і комерційної роботи станції;

- виконання завдань з простою вагонів під вантажними операціями;

- оперативне керівництво обробкою поїздів і составів у парках станції;

- оперативне керівництво маневровою роботою з розформування і формування поїздів, з прибирання і подавання вагонів до вантажно-вивантажувальних пунктів, пунктів ремонту вагонів;

- виконання змінного плану з приймання, відправлення, пропуску і технічної обробки поїздів, розформування і формування составів;

- виконання технологічних норм з обробки поїздів і вагонів, максимальне поєднання технологічних операцій розформування, формування і технічної обробки составів у парках станції;

- раціональне розділення роботи між гіркою і сортувальним парком;

- організація роботи станційного технологічного центру обробки інформації і перевізних документів.

Автоматизовані системи керування (АСК) призначені:

- для автоматизації технологічних процесів роботи станції;

- надання оперативної інформації з метою прийняття управлінських рішень персоналом станції;

- підвищення рівня достовірності вхідної інформації, станційних звітів, оперативної довідкової інформації, переданої у системи верхнього рівня, за рахунок комплексного логічного контролю.

АСК є системою організаційного управління. Вона функціонує на базі інформації, що вводиться користувачами – працівниками станції (операторами при ДСП, маневровими диспетчерами, СТЦ і товарної контори), а також на базі інформації з інших станцій, яку можна отримати з АСК (рис. 2).

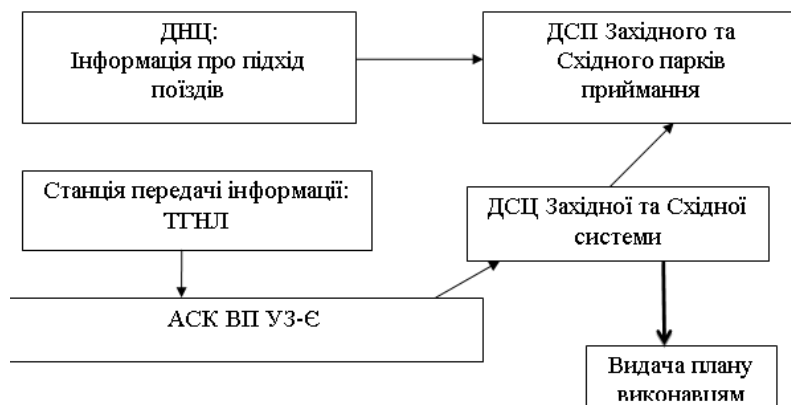


Рис. 2. Схема одержання інформації і планування роботи станції Ясинувата

На станції Ясинувата ведуться два види обліку (звітності): оперативний і статистичний. Оперативний облік ведуть працівники, пов'язані з рухом поїздів у процесі виконання змінних і добових планів перевезень з використанням засобів оперативного зв'язку і персональних комп'ютерів. Статистичний облік на основі документів про виконану роботу

вагонного парку, норм ваги і довжини поїздів здійснюють працівники відділу обліку станції.

Модель технології вантажних перевезень [9] у першу чергу ґрунтується на основі використання технічних засобів вирішальних сортувальних вузлових станцій з оптимізацією їх основних параметрів

$$F(K) = f\left(\sum_{i=1}^d (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)\right) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де E_1 - витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу через виникнення міжопераційних перерв при виконанні основних технологічних операцій;

E_2 - витрати, що пов'язані з простоем рухомого складу через невідповідність колійного розвитку інтенсивності надходження поїздів (составів) до даного парку;

E_3 - витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість сортувального пристрою;

E_4 - витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість маневрових локомотивів;

E_5 - витрати, що пов'язані з простоем вагонів через зайнятість перевантажувальних засобів.

Після визначення складових витрат модель набуває вигляду:

$$\begin{aligned} F(K) = & f\left(\sum_{i=1}^d \left(8760 \left(M [I_{np}]^{-1} + \delta_p\right) m_c (t_{mn}^I + t_{mn}^{II}) C_{\epsilon z}\right) + \right. \\ & \left. + \left(182,5 \left[N_p \rho^{m_n+1} (1+v_z^2) (t_{zm}^I + t_{yp}) (m_c \cdot C_{\epsilon z} + C_{\epsilon z}) + N_{cf} \rho_{\epsilon}^{m_{\epsilon}+1} (1+v_{\epsilon}^2) (t_{zm}^B m_c C_{\epsilon z})\right]\right) + \right. \\ & \left. + \left(8760 \cdot m_c \left\{ \frac{(\rho + \Delta\rho)^2 (1+v_z^2)}{2[1-(\rho + \Delta\rho)]} + t_r \right\} C_{\epsilon z}\right) + \left(365 N_{cf} m_{cf} \Delta t_{zf} C_{\epsilon z}\right) + \right. \\ & \left. + \left(365 \sum_{i=1}^n n_{epi} m_{epi} t_{\epsilon} C_{\epsilon z}\right)\right) \Rightarrow \min \end{aligned} \quad (2)$$

де m_p - кількість вагонів;

M_z - кількість гіркових локомотивів;

M_{cf} - кількість маневрових локомотивів;

Z - кількість перевантажувальних механізмів;

N_p - кількість розформованих составів;

N_{cf} - кількість сформованих составів;

$\rho, \rho_z, \rho_{\epsilon}$ - коефіцієнти завантаження;

v_z, v_{ϵ} - коефіцієнти варіації тривалості обслуговування на гірці, витяжних коліях;

T_{mz} - період роботи, год;

$C_{\epsilon z}$ - приведена вартість однієї вагоно-години простою, грн;

$C_{\epsilon z}$ - приведена вартість однієї локомотиво-години маневрової роботи, грн;

t_r - тривалість технологічних операцій на гірці, год;

t_{zm}^I, t_{zm}^B - тривалість затримок на гірці і витяжних коліях, год;

Δt_{zf} - тривалість технологічних операцій на витяжних коліях, год;

t_{ϵ} - тривалість подавання-забирання місцевих вагонів, год.

При обмеженнях:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_p^{\min} \leq m_p \leq m_p^{\max}; M_z^{\min} \leq M_z \leq M_z^{\max}; M_{cf}^{\min} \leq M_{cf} \leq M_{cf}^{\max}; Z_{\min} \leq Z \leq Z_{\max}; \\ N_p^{\min} \leq N_p \leq N_p^{\max}; N_{cf}^{\min} \leq N_{cf} \leq N_{cf}^{\max}; \rho_z^{\min} \leq \rho_z \leq 0,80; T_{mz}^{\min} \leq T_{mz} \leq 24,0 \end{array} \right.$$

Оскільки однією з основних задач реформування залізничного транспорту залишається мінімізація експлуатаційних витрат, то у залізничному вузлі розглянута варіантна технологія перевезень на ланцюгах „вхідні дільниці – сортувальна станція – вантажна станція – вантажні пункти” і, навпаки, „вантажні пункти – вантажна станція – сортувальна станція – вихідні дільниці”, для чого запропонована модель стохастичного програмування з цільовою функцією, яка у свою чергу є функціоналом. Розрахунки цільової функції мають відповідні обмеження: за кількістю колій, маневрових локомотивів, вагонів, маси поїзда, місткості вантажних пунктів за умовами сумарної імовірності та експлуатаційних витрат.

Модель роботи передгіркової та центральної горловин сортувальної станції має враховувати наявність як ворожих, так і паралельних маршрутів. Так, у загальному вигляді тривалість перерв t_{mn} може визначатися за формулою

$$t_{mn} = \sum_{i=1}^{n_c} P(t_{on})_i \cdot \lambda_p \cdot \lambda_{on} \cdot t_{oi} \quad (3)$$

де n_c – кількість секцій, на які (з яких) здійснюється приготування маршруту;

$P(t_{on})_i$ – імовірність появи перерв при виконанні окремих операцій з i -ї секції колій парку;

t_{on} – тривалість виконання поточної операції, хв;



(4)

де n_{ep} – кількість груп вагонів у передаточному поїзді;

m_{cv}, m_{cc} – відповідно кількість колій сортувального парку сортувальної станції, на

t_{ep} – тривалість використання ворожого маршруту з i -ї секції парку, хв;

λ_p, λ_{on} – коефіцієнти, що враховують коливання тривалості розпуску або інших операцій.

При розрахунку переробної спроможності гірки визначається тривалість t_{mn} до гіркового технічного інтервалу. При визначенні пропускної спроможності парку приймання або відправлення поїздів величина t_{mn} додається до тривалості заняття колій одним составом.

З метою найкращого обслуговування користувачів залізничних перевезень, які мають або не мають під'їзних колій, слід на опорних сортувальних станціях враховувати раціональну схему підбирання у групи місцевих вагонів для подавання клієнтурі.

Варіант організації детального відбирання груп вагонів можливий при обслуговуванні вантажних фронтів маневровим локомотивом станції або локомотивом передаточного поїзда. Тривалість розформування состава на сортувальній гірці у 5-6 разів менша, ніж на витяжних коліях вантажної станції. І, хоча, збільшується тривалість забирання груп вагонів за рахунок більшої довжини гіркової горловини, але загальний час підбирання все ж буде скорочено. При наявності маневрового локомотива даний варіант слід застосовувати на сортувальній станції за умови

які підбираються відчепи для подавання на вантажні fronti;

$t_{p\phi}^{m\phi}, t_{p\phi}^2$ – відповідно тривалість розформування составів з використанням маневрової витяжки та гірки, хв;

Організація перевезень і управління на транспорті

$t_{3e}t_{3c}t_{6e}t_{6c}$ - відповідно тривалість заїздів та виїздів маневрового локомотива на сортувальній станції у вузлі.

Доцільність інвестицій в укладання додаткової колії у сортувальному парку обґрунтовується за формулою

$$K - \text{вартість укладки додаткової колії у сортувальному парку, грн;} \quad (5)$$

де K – вартість укладки додаткової колії у сортувальному парку, грн;

e_n – нормативний коефіцієнт ефективності інвестицій;

e_{6e} – приведена вартість однієї вагоно-години простою, грн;

$e_{лe}$ – приведена вартість однієї локомотиво-години маневрової роботи, грн.

Функціональні цілі при цьому будуть, порівняно з типовою технологією, поширені і торкатися, порівняно з іншими роботами, енергетичних витрат та не передбачуваних маневрових пересувань маневрових локомотивів (рис. 3).

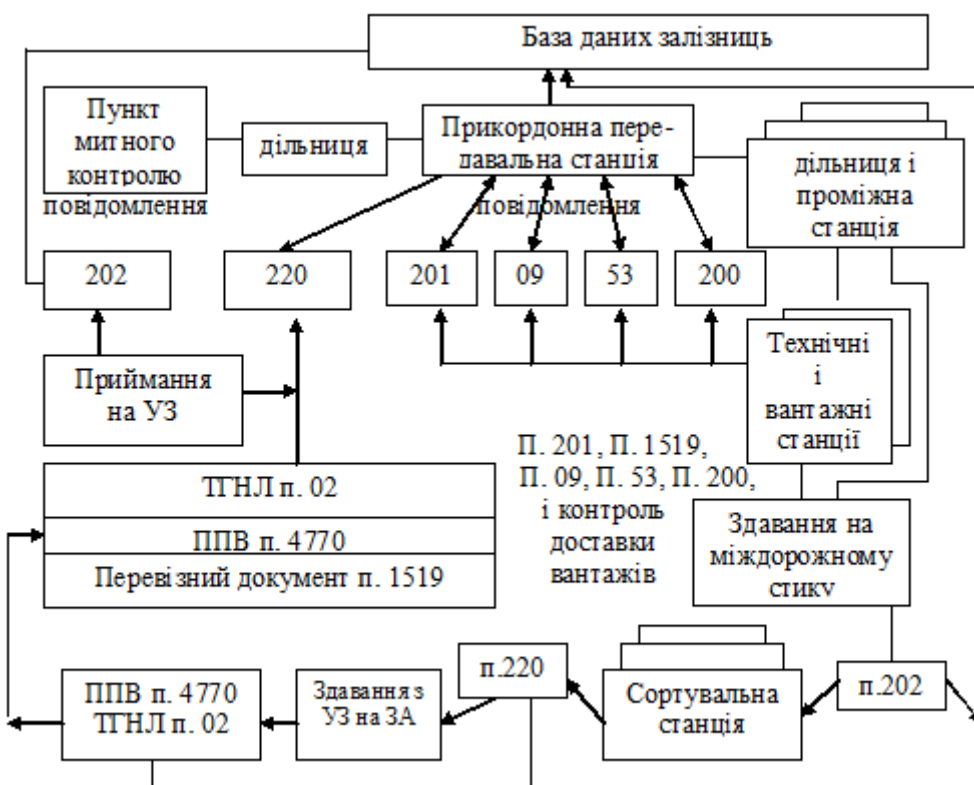


Рис. 3. Схема інформаційного забезпечення логістичного ланцюга в умовах АСК ВП УЗ-Є

Дана схема враховує комплекс технологічних операцій від приймання на кордоні (стику) до здавання на іншому кордоні (стику). На рівні залізниці, дирекції залізничних перевезень (регіонального центру

управління перевезеннями) вся зазначена інформація систематизується з тим, щоб ув'язати в єдине ціле увесь технологічний процес роботи всіх дільниць.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Наявність непродуктивного простою вагонів в очікуванні виконання операцій на сортувальних станціях погіршує ефективність роботи та призводить до додаткових витрат палива, електроенергії та коштів на утримання додаткового рухомого складу, що є неприпустимим в умовах ринкової економіки.

Одним з основних резервів подальшого нарощування обсягів перевезень є впровадження нових інформаційних технологій на рівні залізниці, дирекції залізничних перевезень (регіонального центру управління перевезеннями), станцій з метою впровадження єдиного технологічного процесу роботи всіх дільниць.

Прискорення обігу вагонів скорочення тривалості перебування вагонів на сортувальних станціях значно впливає на прискорення доставки вантажів і задоволення потреб користувачів та операторів перевезень.

Заходи щодо вдосконалення сортувальних станцій мають максимально забезпечити безпеку руху, ресурсозбереження. Завдяки оновленню основних фондів необхідно ліквідувати «вузькі місця» в пропускній та переробній спроможності станції.

Модернізація засобів механізації та автоматизації сортувальної роботи, впровадження інтелектуальних систем управління, а в кінцевому підсумку створення «інтелектуальних сортувальних станцій» мають базуватися на нових передових технологіях і сучасних розробках.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/](http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/) 10.12.2009. – Загол. з екрана.
2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки. В редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. N 1106 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p). – Загол. з екрана.
3. Бодюл, В.И. Система управления перевозками грузов для операторов железнодорожного подвижного состава [Текст] / В.И. Бодюл, А.Н. Феофилов // Наука и техника транспорта. – 2012. – Вып. 1. – С. 57-62.
4. Данько, М.І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М.І. Данько, В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 57. – С. 121-128
5. Данько, М.І. Разработка организационно-технологической модели управления парком грузовых вагонов разной формы собственности [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // Инновационный транспорт. Научно-публицистическое издание. – 2012. – № 4(5). – С. 8-13
6. Данько, М.І. Побудова моделі оцінки інвестицій у залізничну інфраструктуру при взаємодії залізничних адміністрацій та операторів перевезень [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип.. 134 – С. 7-13.
7. Кулешов, В.В. Удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній на станціях вузла [Текст] / В.В. Кулешов, О.Ю. Толбатов, Т.Р. Чурилик // Зб. наук. праць ІППК. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип.. 135 – С. 107-113.
8. Кулешов, В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124 – С. 83-90.
9. Шикин, Е.В., Чхартишвили, А.Г. Математические методы и модели в управлении [Текст] / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили // – М.: Дело, 2004. – 437 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Кулешов Валерій В'ячеславович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: kharkov-kuleshov@mail.yandex.ua.

Сварник Роман Сергійович, слухач Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42.

Kuleshov Valeriy Vyacheslavovich, cand. of techn. sciences, assistant professor of railway stations and junctions Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: kharkov-kuleshov@mail.yandex.ua.
Svarnyk Roman Sergiyovich, listener Training and Research Institute of retraining and advanced training of Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42.

УДК 656.212.7

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ШЛЯХОВ УМЕНЬШЕНИЯ ПРОСТОЯ МЕСТНОГО ВАГОНА НА СТАНЦИИ РУТЧЕНКОВО

Магістрант Д.П. Федорюк

ANALYSIS OF OPTIONS TO REDUCE DOWNTIME OF LOCAL CAR ON THE RUTCHEKOV STATION

Магістрант Д.П. Федорюк

ANALYSIS OF OPTIONS TO REDUCE DOWNTIME OF LOCAL CAR ON THE RUTCHEKOV STATION

Master student D. Fedoryuk

Вантажні станції у сучасних умовах відіграють зовсім не останню роль у зародженні вантажопотоків на залізницях. Від ефективності роботи вантажних станцій залежить ефективність роботи дільниць у цілому. Підвищення ефективності роботи станцій на сьогодні відбувається в основному за рахунок перегляду існуючої технології роботи шляхом зниження експлуатаційних витрат чи впровадження новітніх технологій та модернізації оснащення станцій.

Ключові слова: станція, місцева робота, якісні показники, під'їзна колія.

Грузовые станции в современных условиях играют далеко не последнюю роль в зарождении грузопотоков на железных дорогах. От эффективности работы грузовых станций зависит эффективность работы участков в целом. Повышение эффективности работы станции сегодня происходит в основном за счет пересмотра существующей технологии работы путем снижения эксплуатационных расходов или внедрения новейших технологий и модернизации оснащения станции.

Ключевые слова: станция, местная работа, качественные показатели, подъездной путь.

Freight Station in the present conditions play a significant role in the origin of goods traffics on railways. From efficiency of freight stations depends the effectiveness of work of areas in general. Improving the efficiency of the station today occurs mainly at the expense revision of the existing technology of work by reducing of operating costs or the introduction of new technologies and modernization of equipping of stations. To the basic tasks of railway stations include: reduction of operating costs and cost price of transportations, increasing productivity and profitability transportations. Assignments to reduce operating costs are achieved through rational use of tangible and Fuel and energy resources, and efficient use of property of station and rolling stock.

Keywords: station, a local job, qualitative indicators, access roads.

Вступ. Залізничний транспорт України є провідною галуззю в транспортному комплексі України. Частка вантажообігу, що припадає на

залізничний транспорт України за результатами 2013 року, склала 59 % від загального вантажообігу [4].

Протягом останніх двох років (2012-2013 рр.) в Україні спостерігається спад промислового виробництва, що не могло не відбитися на кількісних показниках залізничного транспорту. Так, вантажообіг 2013 року склав 94,2 %, а кількість перевезеного вантажу – 96,6 % від показників 2012 року [4]. За прогнозами експертів тенденція до спаду виробництва та відповідне зниження обсягів перевезень буде спостерігатися й у 2014 році. За таких умов залізниці мають вживати усіх необхідних заходів, спрямованих на підвищення продуктивності праці й зниження витрат для досягнення ефективної роботи.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Особливу роль в організації перевізного процесу, зародженні вантажопотоку на залізницях відіграють вантажні станції, основним призначенням яких є виконання вантажної і комерційної роботи. Вантажна станція є важливим ланцюгом в обслуговуванні місцевої роботи, і її функціонування впливає на роботу дільниці в цілому. Від ефективної роботи станцій взагалі і вантажних зокрема залежить своєчасність перевезень вантажів. Це твердження набуває принципового значення за умов відсутності перспектив зростання попиту на перевізні послуги. Підвищення ефективності роботи вантажної станції сьогодні передбачає насамперед перегляд технології її роботи та оптимального використання технічного оснащення станції, що за рахунок зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності праці дасть змогу зменшити собівартість перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Удосконалення технології роботи вантажних станцій і технології роботи під'їзних колій, що примикають, присвячені роботи В.М. Акулінічева, А.О. Смахова, А.М. Котенка, Ф.П. Кочнева, С.В. Козирева, А.Т. Дерібаса, Т.В. Бутько, М.І. Данька, А.О. Ковальова. У різні роки технологією обробки місцевих вагонів займалися вчені В.В. Повороженко, В.К. Бешкет, П.О. Грунтов, І.Б. Сотников, В.М. Макаров, Д.А. Чихлов, М.А. Тямо, М.Л. Цегельник та інші, проте актуальними залишаються питання реалізації їхніх розробок для конкретних вантажних станцій та під'їзних колій.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою дослідження є розгляд особливостей функціонування вантажної станції Рутченкове у сучасних умовах, розроблення відповідних пропозицій щодо удосконалення технології роботи станції, висунення можливих шляхів покращення роботи станції.

Основна частина дослідження. Станція Рутченкове за характером роботи є вантажною станцією, за обсягом виконуваної роботи – II класу, розташована на 1145 км двоколійної ділянки Ясинувата – Маріуполь і працює на три напрями: Ясинувата, Красноармійськ і Маріуполь.

Експлуатаційна робота станції характеризується такими показниками: річний вантажообіг – 4220 тис. т, навантаження – 2428 тис. т, вивантаження – 1792 тис. т.

На станції Рутченкове виконуються такі роботи:

- приймання, відправлення і пропускання вантажних поїздів;
- приймання, відправлення і пропускання пасажирських і приміських поїздів;
- приймання місцевих вагонів і відправлення їх зі станції;
- подавання та прибирання вагонів на/із пунктів завантаження та вивантаження;
- зміна локомотивів для транзитних поїздів без переробки;
- продаж квитків на приміські, пасажирські та поїзди далекого прямування із попереднім замовленням.

На станції Рутченкове формуються поїзди дільничні, збірні, вивізні та передаточні, виконуються незначні обсяги навантаження, вивантаження вагонів на місцях загального користування та під'їзних коліях [1].

Згідно з техніко-розпорядчим актом (ТРА) станція Рутченкове має чотири парки. Перший парк має колійне оснащення з двох головних, восьми приймально-відправних, трьох сортувальних та двох витяжних колій. Парк Западна має шість приймально-відправних колій, парк Лідівка – дві приймально-відправні колії, а парк Гігант має одну приймально-відправну та три навантажувально-вивантажувальні колії з можливістю приймання з них маневрових передач [2].

Виходячи з Розділу 3.1. «Загального положення про залізничну станцію», серед

основних завдань залізничних станцій слід зазначити завдання станції зі зниження експлуатаційних витрат і собівартості перевезень, підвищення продуктивності праці і рентабельності перевезень. Виконання завдань зі зниження експлуатаційних витрат та підвищення продуктивності праці відбувається за рахунок забезпечення раціонального використання матеріальних та паливно-енергетичних ресурсів і ефективного використання майна станції, вантажів та рухомого складу [4].

Розглянувши основні якісні показники роботи станції за дві декади 2013 року та за аналогічний період 2012 року, середньодобовий простій транзитного вагона без переробки скоротився з 10,45 год до 5,1 год, також скоротився простій транзитного вагона з переробкою з 13,8 год до 11,53 год. Натомість, як показує аналіз роботи станції, простій вагона під однією вантажною операцією збільшився з 46,78 год до 52,51 год і, відповідно, збільшився простій місцевого вагона з 56,3 год до 65,85 год. Збільшення простою місцевого вагона пов'язане як зі збільшенням часу виконання вантажних операцій на вантажних фронтах, так і з непродуктивними міжопераційними простоями. Спосіб зменшення міжопераційних простоїв особливо є актуальним, тому що станція обслуговує 14 під'їзних колій зі значною розгорнутою довжиною колій.

Так звані «вузькі місця» у технології виконання маневрової роботи на станції сприяють збільшенню простоїв. Так, одним з суттєвих недоліків у проведенні маневрів на станції Рутченкове є наявність такого обмежувального показника, як максимальна кількість осей у маневровому составі та його максимальна маса. Максимальна кількість осей у маневровій передачі складає 120, а маса – 882 тонни (близько 10 навантажених вагонів) при перестановці составів між парками [2]. Тим часом розмір подачі на вантажний фронт ДП «Донецьквугілля» ВП шахта ім. Скочинського складає 13 вагонів. Це створює необхідність збільшення кількості забираць з під'їзної колії.

Складності у роботі додає наявність нецентралізованих стрілочних переводів у непарній горловині парку Западна, парку Лідівка та Гігант загальною кількістю 21, шість з яких переводяться складачем поїздів [2]. Наявність такої кількості нецентралізованих стрілочних переводів у трьох з чотирьох

парків станції створює додаткові витрати часу на проведення маневрів з місцевими вантажами, а також негативно відбивається на стані охорони праці на станції Рутченкове. Наявність на станції стрілок з ручним управлінням погіршує не тільки плановані виробничі та економічні показники, а також це позначається на умовах роботи працівників і не забезпечує повною мірою техніку безпеки працівників стрілочних постів. Переведення стрілок на електричну централізацію дозволяє скоротити штат працівників.

Скорочення простоїв місцевого вагона на станції Рутченкове пов'язано також з залученням поїзного локомотива до перестановки составів порожніх вагонів, прибулих зі станції Красногорівка для подачі на фронти навантаження, з колій 3, 5, 7, 9 непарного парку станції безпосередньо у парк Западна. Така перестановка порожніх составів із задіянням поїзного локомотива (тепловоза) передбачена ТРА «лише в особливо складних умовах роботи станції»[2]. Можливість за нормальної роботи станції використання поїзного локомотива для перестановки состава з подальшим технічним оглядом працівниками ПТО в парку Западна значно скоротить час на подавання порожніх вагонів під навантаження на під'їзні колії.

Також з метою скорочення часу перебування місцевих вагонів на станції Рутченкове доцільно відправлення вантажу причепленням груп вагонів до составів збірних поїздів, що обслуговують ділянку Ясинувата – Волиноваха, та причепленням до составів транзитних поїздів із частковою переробкою. Організація причеплення груп вагонів власного навантаження до поїздів, що проходять, дає змогу значно скоротити простій вагона на станції під накопиченням на состав. Це пов'язано з відносно невеликим розміром середньодобового навантаження – вивантаження.

Ще одним обмежувальним фактором покращення якісних показників роботи станції є швидкість руху при маневрах. На станції встановлені обмеження швидкості руху. Так, рух маневрових передач між парками Лідівка та Гігант обмежений швидкістю 15 км/год (довжина перегону 1788 м), аналогічне обмеження швидкості між парком Лідівка та під'їзною колією ДП «Донецьквугілля» ВП шахта ім. О.О. Скочинського, при чому довжина колії складає 5054 м. Рух маневрових

передач між парками Западна та Лідівка здійснюється з максимальною швидкістю 25 км/год, така сама швидкість маневрів є максимальною для маневрів в обох горловинах станції Рутченкове через знос стрілочних переводів з глухими пересіченнями [2].

Враховуючи значні відстані та невеликі швидкості пересування маневрових составів, вкрай важливо мінімізувати порожній пробіг маневрових локомотивів, що дасть змогу покращити ще один якісний показник – продуктивність локомотива.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Вантажні станції є одним з найважливіших елементів залізничного транспорту. У сучасних економічних умовах вони покликані відігравати ключову роль у справі залучення вантажів до перевезень. Тому покращення роботи вантажних станцій – величезний резерв підвищення ефективності роботи транспорту в цілому.

Аналізом якісних показників роботи вантажної станції Рунченкове та способів її організації виявлено досить великий простір місцевих вагонів.

Покращення роботи станції можливе за рахунок оздоровлення верхньої будови колії, заміни існуючих стрілочних переводів з глухими пересіченнями, що дозволить збільшити швидкість руху маневрових составів. Включення стрілок в електричну централізацію також дозволить скоротити час виконання маневрів, а також позитивно позначиться на умовах праці робітників. Мінімізація порожніх пробігів на станції, скорочення часу виконання навантажувально-розвантажувальних робіт на під'їзних коліях шляхом їх механізації, автоматизації та вдосконалення технології дасть змогу скоротити простій місцевого вагона на станції. У подальшому планується вдосконалення технологій роботи станції Рутченкове на основі логістичних технологій.

Список використаних джерел

1. Технологічний процес роботи станції Рутченкове [Текст]: нормативний документ. – Донецьк, 2012. – 153 с.
2. Техніко-розпорядчий акт станції Рутченкове Донецької залізниці [Текст]: нормативний документ. – Донецьк, 2013. – 135 с.
3. Загальне положення про залізничну станцію [Текст]: нормативний документ. – К., 2004. – 34 с.
4. Вантажні перевезення за 2013 рік [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України: офіційний веб-сайт Укрзалізниці. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
5. Корецький, Р.М. Удосконалення технології роботи вантажної станції [Текст] / Р.М. Корецький // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 5. – С. 209-211.
6. Котенко, А.М. Удосконалення взаємодії під'їзних колій і станцій примикання [Текст] / А.М. Котенко, А.О. Ковальов // Зб. наук. праць. – К.: КУЕТТ, 2007. – Вип. 11. – С. 171-174.
7. Чеклов, В.Ф. Аналіз системи взаємодії залізничних станцій з під'їзними коліями вугільних підприємств [Текст] / В.Ф. Чеклов, Г.В. Бобик, А.М. Масалов, Є.Є. Шкуро // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2006. – Вип. 8. – С. 84-89.
8. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст]. – К: Міністерство транспорту України, 2005. – 81 с.
9. Данько, М.І. Прогнозування показників роботи під'їзних колій і станції примикання [Текст] / М.І. Данько, А.М. Котенко, А.О. Ковальов // Залізничний транспорт України. – 2002. – № 6. – С. 18-19.
10. Кірпа, Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: монографія / Г.М. Кірпа. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Д.: Видавництво Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.М. Котенко

Федорюк Дмитро Петрович, магістрант Української державної академії залізничного транспорту. Конт. тел. +380977187177, e-mail: fedoryukd@ukr.net.

Fedoryuk Dmitro, master student, Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel. +380977187177, e-mail: fedoryukd@ukr.net.

УДК 656.212.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ У ГРУПОВІ ПОЇЗДИ

Кандидати техн. наук О.М. Костенніков, Г.С. Бауліна, слухачі В.В. Мазепа, І.М. Куришко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНОПОТОКОВ В ГРУППОВЫЕ ПОЕЗДА

Кандидаты техн. наук А.М. Костенников, А.С. Баулина, слушатели В.В. Мазепа, И.Н. Куришко

RESEARCHING THE QUESTION OF THE RATIONAL ARRANGEMENT OF TRAFIC VOLUMES INTO GROUP TRAINS

Candidates of techn. sciences O.M. Kostennikov, G.S. Baulina, listeners V.V. Mazepa, I.M. Kurishko

У сфері вантажних перевезень одним з головних стає принцип «доставки в необхідний час». На систему вагонопотоків впливає те, що вантажі, які пред'являються до перевезення, мають різні пріоритети щодо швидкості доставки і, як наслідок, не всі вантажі одного призначення перевозяться в одних і тих самих поїздах. Це вимагає принципових змін всієї системи розробки плану формування поїздів.

Ключові слова: вагонопотік, групові поїзди, план формування поїздів, доставка вантажу.

В сфере грузовых перевозок одним из главных становится принцип «доставки в нужное время». На систему вагонопотоков влияет то, что предъявляемые к перевозке грузы имеют разные приоритеты по скорости доставки и, следовательно, не все грузы одного назначения будут перевозиться в одних и тех же поездах. Это требует принципиальных изменений всей системы разработки плана формирования поездов.

Ключевые слова: вагонопоток, групповые поезда, план формирования поездов, доставка груза.

According to the Transport strategy of Ukraine the mainstream is the complex optimization of the Ukrainian railway operation which is aimed at increasing efficiency of the operational quality on the base of the new traffic management system. Reducing the volume of forwarding work on railway transport has determined a significant gap between the actual and necessary resources. It is the most noticeable in the operation of marshaling yards which are deploying only a part of their power now. Considering the above the need of researching questions to form group trains is appearing in modern conditions. The country's transition to the market economy makes us look anew at the system of traffic volumes arrangement. In the field of freight transportation the principle "delivery at the right time" becomes one of the main one. The traffic volumes system is influenced on that the loads applied to transportation have different priorities about speed of delivery and as a consequence all loads are not transported into the same trains. It demands principal changes of the whole system to develop plan of forming trains. There appears the need to increase significantly the number of multigroup trains including trains with changeable groups.

Keywords: train volumes, group trains, plan of forming trains, freight delivery.

Вступ і постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Групові поїзди дають значний ефект при порівняно невеликих вагонопотоках, тому в Транспортній стратегії України на період до 2020 року [1] плану формування групових поїздів приділяється значна увага у зв'язку з їх ефективністю в умовах ринкової

економіки на напрямках з порівняно невеликими вагонопотоками.

Найбільший ефект групові поїзди дають за рахунок скорочення простою вагонів під накопиченням. Це прискорює оборот вагона і, як наслідок, скорочуються терміни доставки вантажу і необхідність у вагонному парку. Також групові поїзди сприяють покращенню використання потужності локомотива за рахунок більш широкого застосування

диференційованих норм мас. Згідно з Інструктивними вказівками з організації вагонопотоків на залізницях України [2] для організації вагонопотоків у районах місцевої роботи з кількома ділянками, розділеними безгірковими дільничними станціями, ефективно використовуються групові поїзди, в яких на цих станціях виконується лише обмін груп вагонів різних призначень.

Групові поїзди значно скорочують переробку дільничних вагонопотоків та зменшують експлуатаційні витрати в цілому за варіантом. Найбільшу ефективність групові поїзди забезпечують при наявності на станціях їх формування достатньої кількості колій для накопичення составів та окремих груп вагонів.

Визначення мети та задачі дослідження. Основним напрямком згідно з Транспортною стратегією України [1] є комплексна оптимізація роботи залізниць України, що спрямована на підвищення ефективності якості експлуатаційної роботи на базі нової системи управління перевезеннями. Зниження обсягів перевізної роботи на залізничному транспорті зумовило значний розрив між фактичними та потрібними ресурсами [1]. Найбільш помітно це позначилось на роботі сортувальних станцій, які зараз використовують лише частку своїх потужностей. З урахуванням зазначеного виникає необхідність у дослідженні питання формування групових поїздів у сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень. У різні періоди теоретичні дослідження з питань організації вагонопотоків проводили ряд авторів [1,4,5,6,7]. Більшість вважають, що для скорочення простоїв вагонів на станціях від моменту прибуття до подачі під вантажні операції необхідно при формуванні збірних, передавальних і вивізних поїздів на технічних станціях ввести підбірку вагонів не тільки за станціями призначення, а й одержувачами вантажів з використанням комбінаторного методу сортування вагонів. При виникненні в оперативних умовах труднощів з просуванням вагонопотоків (переробкою вагонів на станції) застосовують метод формування іншими технічними станціями групових поїздів або поїздів більш далеких призначень. Також у даний час продовжуються теоретичні дослідження з питань, пов'язаних з технологією прискореного формування багатогрупних

составів, що підтверджує актуальність даної теми.

Аналіз певних джерел інформації [9, 10] показує, що іноземні розробки не можуть бути безпосередньо використані на вітчизняній залізничній мережі, зважаючи на специфіку технологій організації перевезень і непорівнянності масштабів закордонних залізничних мереж з масштабами УЗ.

Основна частина дослідження.

Принцип розрахунку і схеми формування групових поїздів передбачає визначення витрат наведених вагоно-годин на станціях формування групових поїздів і на станціях перечеплення груп вагонів, які порівнюються з приведеними вагоногодинами розрахованого оптимального варіанта плану формування одnogрупних поїздів. Приймається варіант одnogрупних і групових поїздів з найменшими приведеними витратами.

Від того, яка характеристика вагонопотоків на напрямках (визначається співвідношенням сумарної величини груп вагонів відчеплення N_v та причеплення N_n на технічних станціях) та яке співвідношення величин окремих напрямків вагонопотоків, можливі різні варіанти плану формування, які передбачають сполучення одnogрупних та двогрупних поїздів. Проте перехід країни до ринкової економіки змушує по-новому поглянути на систему організації вагонопотоків. У сфері вантажних перевезень одним з головних стає принцип «доставки в необхідний час». На систему вагонопотоків впливає те, що вантажі, які пред'являються до перевезення, мають різні пріоритети щодо швидкості доставки і, як наслідок, не всі вантажі одного призначення перевозяться в одних і тих самих поїздах. Це вимагає принципових змін всієї системи розробки плану формування поїздів. Виникає необхідність значного збільшення числа багатогрупних поїздів, включаючи й поїзди з обміном груп.

Останніми роками в системі організації вагонопотоків на вітчизняних залізницях відбулися серйозні зміни. Ослаблення напрямків вагонопотоків різко зменшило вигідність виділення одnogрупних призначень у плані формування поїздів. На сьогодні найбільш ефективно завдання оперативного управління вагонопотоками вирішується при створенні «тришарового» плану формування

поїздів [8]. Він має включати в себе три групи призначень: які не можуть бути скориговані протягом усього періоду дії плану (стабільне ядро), періодично вводяться і скасовуються із зазначенням умов їх застосування та рекомендовані варіанти коригувань плану формування, що встановлюються для окремих поїздів і забезпечують оперативне управління вагонопотоками з урахуванням умов їх підходу. У третю групу призначень входить формування окремих поїздів, у тому числі і групових, з вагонів з місцевим вантажем або порожніх під навантаження, а також групова підбірка вагонів по окремих маневрових районах у поїздах призначенням на великі вантажні станції з недостатньо розвиненими сортувальними пристроями.

Великий вплив на розрахунок плану формування групових поїздів надають коливання вагонопотоків [8]. Згідно з теоретичними дослідженнями при організації групових поїздів для конкретних станцій мають встановлюватися набори допустимих варіантів об'єднання груп згідно з "тришаровим" планом формування, нитки графіка, за якими можна відправляти групові поїзди, тобто передбачено достатній час стоянки на станціях їх роботи, які поєднані з технічної обробкою составів і пропуском пасажирських поїздів. Слід передбачати порядок оперативного планування призначення групових поїздів, у тому числі з організацією в необхідних випадках узгодженого підведення вагонів до станцій формування, і методи контролю та економічного забезпечення. Оперативне управління організацією і просуванням групових поїздів має бути реалізовано на базі діючих АСУСС і АСОУП. Управління вагонопотоками на напрямках в умовах пропуску вантажних поїздів за твердими нитками графіка руху буде ефективним за умови комплексного планування поїздоутворення, що охоплює одночасно всі станції формування поїздів у межах реальної глибини інформації.

У періоди зменшення підходу вагонів до сортувальних станцій призначаються групові поїзди, щоб не зривати відправлення по нитках графіка. Під час згущеного підходу накопичуються состави поїздів підвищеної транзитності. Вони дають змогу компенсувати очікування ниток, забезпечених локомотивами, зниженням простою на наступній сортувальній

станції. Для зниження кількості колій накопичення та спрощення технології формування групових поїздів пропонується застосовувати секціонування колій сортувального парку. Виходячи з цих принципів, слід будувати систему безперервного оперативного керівництва виконанням плану формування поїздів.

Створення на залізницях дорожнього центру управління перевезеннями (ДЦУ) відкрило перспективи для реалізації нових підходів до оптимізації управління перевізним процесом з урахуванням реальної кон'юнктури вагонопотоків. Оперативні рішення з управління вагонопотоками в ДЦУ спрямовані на безумовне виконання термінів доставки вагонів на станції призначення з їх мінімальною переробкою на попутних технічних станціях. На цій концептуальній позиції і побудована технологія оперативної організації вагонопотоків у групові поїзди на полігоні залізниці, яка є першою стадією реалізації нової системи управління вагонопотоками на основі керуючих функцій в ДЦУ з урахуванням розвитку динамічних вагонних моделей.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Розвиток ринкових відносин вимагає суттєвих змін в експлуатаційній діяльності залізниць. Поряд з основним завданням задоволення потреб вантажовідправників за сумарним обсягом перевезень необхідний розвиток технологій, що забезпечують ритмічні перевезення вантажів, доставку їх в обумовлені клієнтами терміни і в погоджених обсягах, покращення сервісу і інших видів транспортних послуг, які пропонуються підприємствам і населенню.

Останнім часом все частіше говорять про необхідність оцінки плану формування поїздів безпосередньо в грошовому еквіваленті [11], але такий підхід не змінює суті питання, адже завдання оптимізації плану формування поїздів необхідно розглядати як багатофакторну задачу, що дасть змогу охопити різні аспекти організації вагонопотоків як при місцевій роботі, так і при організації транзитних вагонопотоків у рамках мережевого плану формування, на лінійній ділянці і розгалуженому полігоні, в умовах мінливої економічної ситуації з врахуванням топології мережі залізниць. Остаточний же вибір плану

формування поїздів має здійснюватися на основі економічних розрахунків. При цьому одним із основних критеріїв має бути

скорочення експлуатаційних витрат на організацію вагонопотоків.

Список використаних джерел

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена розпорядженням КМУ від 16 груд. 2009 р. №1555-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/> 10.12.2009. – Київ.
2. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст]: №1028 – ЦЗ. – Затв. Наказом Укрзалізниці 29.12.2004. – К.: ТОВ «Швидкий рух», 2005. – 100 с.
3. Шаповал, Г.В. Обґрунтування доцільності формування групових поїздів [Текст] / Г.В. Шаповал, С.М. Продашук, А.Ю. Волкова // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2009. – Вип. 19. – С. 24-32.
4. Колесникова, Е.С. Выбор рациональной технологии организации двухгруппных поездов на направлении с тремя опорными станциями поездов [Текст] /Е.С. Колесникова // Соискатель. – 2005. – № 1. – С. 56-77.
5. Бернгард, К.А. Групповые поезда (Вопросы организации вагонопотоков) [Текст] / К.А. Бернгард // Тр. ВНИИЖТ. – 1953. – Вып. 76. – 168 с.
6. Покавкин, В.А. Оперативное назначение групповых поездов и использование дифференцированных масс поездов в системе оптимальной организации вагонопотоков [Текст] / В.А. Покавкин, О.Н. Мелешко // Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог: Межвуз. тематич. сб. – Ростов-на-Дону, 1985. – Вып. 182. – С. 51-57.
7. Прохорченко, А.В. Удосконалення технології корегування плану формування поїздів на основі погодженої організації групових поїздів оперативного призначення [Текст] / А.В. Прохорченко, Л.В. Корженівський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 6/6 (36). – С. 37-40.
8. Бородин, А.Ф. Комплексная система организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений [Текст]: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / А.Ф. Бородин. – М., 2000. – 491 с.
9. Моделирование составления оптимального плана формирования поездов: [Зарубеж. опыт] // Орг. перевозок. Автоматизир. системы упр. трансп. – Екатеринбург: ЭИ/ВИНИТИ, 1986. – № 3. – С. 16-17.
10. Невзоров, А.В. Совершенствование системы формирования групповых поездов [Текст] / А.В. Невзоров // Вопросы эксплуатации железных дорог. БелИИЖТ: сб. научн. тр. - М.: Транспорт, 1965. – Вып. 5. – С. 80-92.
11. Ковалев, В.И. Многокритериальная оптимизация плана формирования поездов [Текст] / В.И. Ковалев, Н.Н. Куценко, А.Т. Осьминин, И.И. Осьминина // Железнодорожный транспорт. – 2004. – № 4.– С. 25-26.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Огар

Костенніков Олексій Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою. Тел.: 057-730-19-89, e-mail: alexeykostennikov@yandex.ru.

Бауліна Ганна Сергіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою. Тел.: 057-730-10-85.

Мазепа Віктор Володимирович, слухач групи МЗ-ОПУТ-12.

Куришко Іван Миколайович, слухач групи МЗ-ОПУТ-12.

Kostennikov Olexiy Mikhaylovich, cand. of techn. sciences, associate professor of the management of freight and commercial operation. Tel.:057-19-89, e-mail: alexeykostennikov@yandex.ru.

Baulina Ganna Serguiivna, cand. of techn. sciences, associate professor of the management of freight and commercial operation. Tel.:057-730-10-85.

Mazepa Victor Volodimirovich, listener of the group M3-ROM-12.

Kurishko Ivan Mikolayovich, listener of the group M3-ROM-12.

УДК 656.222.3:658.5

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Д-р техн. наук О.В. Лаврухін, О.В. Митрофанова

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

Д-р техн. наук А.В. Лаврухин, О.В. Митрофанова

IMPROVEMENT OF AUTOMATED OPERATIVE PLANNING TECHNOLOGIE OF THE RAILWAY STATION

Doct. of techn. sciences O.V. Lavrukhin, O.V.Mitrofanova

В даній науковій роботі приділено увагу вдосконаленню технології виконання процедури оперативного планування поїзної та вантажної роботи залізничної станції, яка дасть змогу отримати оптимальний варіант плану роботи лінійного підрозділу. Розглянуто варіанти вирішення поставленої проблеми та запропоновано розв'язання задачі формуванням моделі, що визначає оперативний план роботи залізничної станції. Для цього був застосований метод нечіткої логіки.

Ключові слова: оперативне управління, оперативне планування, автоматизація процесу, лінгвістичні змінні, залізнична станція, цільова функція, система обмежень.

В данной научной работе уделено внимание совершенствованию технологии выполнения процедуры оперативного планирования поездной и грузовой работы железнодорожной станции, которая позволит получить оптимальный вариант плана работы линейного подразделения. Рассмотрены варианты решения поставленной проблемы и предложены решения задачи формирования модели, которая определяет оперативный план работы железнодорожной станции. Для этого был применен метод нечеткой логики.

Ключевые слова: оперативное управление, оперативное планирование, автоматизация процесса, лингвистические переменные, железнодорожная станция, целевая функция, система ограничений.

With the development of the transport market the question to use modern wagons supply raises for all types of shippers. To address this question we must find a solution to the problem of shortage of rolling stock units, there is a problem because we have a large percentage of deteriorated rolling stock at the moment. At the same time the purchasing of new rolling stock requires significant investments, so the question of efficient usage of new technology with available transport is rising. In this research we paid attention to improving the technology of the procedures for operational planning train and freight operations rail station that will provide the best option of work plan of the linear unit. We considered and proposed a solution to the problem by forming a model that determines the operational work plan for the railway station. We used a method of fuzzy logic in this case.

Keywords: operation management, operational planning, process automation, linguistic variables railway station, the objective function, system limitations.

Вступ. У сучасних умовах ефективна робота залізничної інфраструктури залежить від раціонального використання засобів транспорту та людських ресурсів. Це можливо в умовах впровадження інноваційних проєктів та удосконалення існуючих технологій роботи залізниць.

Сучасні тенденції розвитку ринку транспортних послуг свідчать про необхідність переорієнтації виробництва у бік поліпшення якості обслуговування клієнтів при умові збільшення прибутковості галузі, але, на жаль, на даний час спостерігаються дестабілізуючі процеси, які негативно відбиваються на якості

роботи Укрзалізниці. Зазначені процеси у своїй більшості обумовлюються недосконалою чинною системою оперативного планування та управління перевізним процесом. Згідно із зазначеним постає задача удосконалення існуючої автоматизованої технології оперативного планування та управління поїздопотоками [1].

Аналіз статистичних даних та попереднього досвіду. Офіційно опубліковані дані Укрзалізниці свідчать про негативну динаміку погіршення виконання показників у порівнянні з попередніми роками. Таким чином, аналізуючи експлуатаційний показник простою вагона на одній технічній станції (рис. 1), видно, що у порівнянні з 2005 роком він значно збільшився [2].

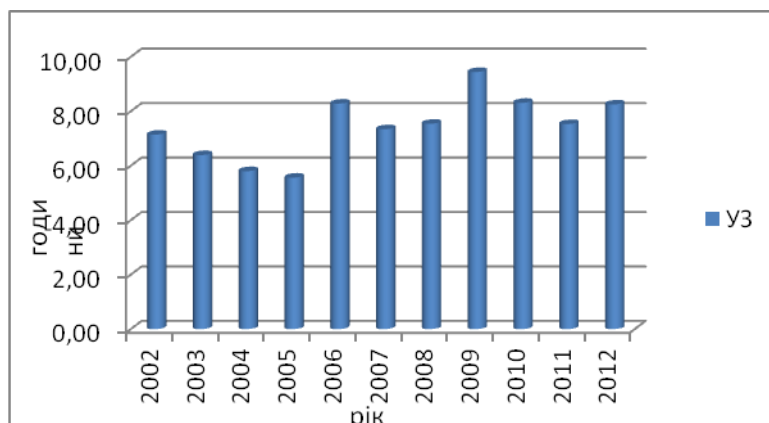


Рис. 1. Простій вагона на одній технічній станції

Це свідчить про необхідність удосконалення існуючої технології формування, просування та обробки поїздопотоків і приведення її до рівня, який відповідає існуючим вимогам реального часу. Як правило, погіршення цього показника свідчить про зменшення вагонопотоку, яке у свою чергу призводить до збільшення часу на формування поїздів різних категорій.

Постановка задачі дослідження. Одним з варіантів вирішення поставленої задачі дослідження є процедура автоматизованого визначення основних параметрів оперативного плану поїзної роботи полігону залізничної станції, яка стане основою технології оперативного планування на всіх рівнях Укрзалізниці.

При інтегруванні запропонованої моделі оперативного планування до автоматизованих робочих місць оперативних працівників всіх рівнів буде досягнуто глобальне удосконалення існуючої інформаційно-керуючої системи Укрзалізниці.

Згідно із зазначеним вирішення поставленої задачі є своєчасним та актуальним.

У розвиток теорії та практики технології перевізного процесу, а саме удосконалення систем планування та управління поїздопотоками зробили значний внесок такі вчені та практики: Акулінічев В.М., Архангельський Є.В., Бернгард К.А., Бобровський В.І., Бутько Т.В., Волков В.С., Грунтов П.С., Данько М.І., Дьяков Ю.В., Жуковицький І.В., Івницький В.А., Іловайський М.Д., Котенко А.М., Кулешов В.М., Ломотько Д.В., Міроненко В.К., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Тихоміров І.Г., Тихонов Г.Н., Тишкін Є.М., Шаров В.А., Шафіт Є.М., Яновський П.О. та інші.

Побудова математичної моделі. З метою формалізації процедури визначення оперативного плану залізничної станції було сформовано цільову функцію (1), яка є основою формування комплексу моделей, призначенням яких є визначення оптимального плану поїзної роботи полігону залізниць [5, 10]:

$$\Delta X = \sum_{i=1}^l \sum_{p=1}^k (X_{ip}^{nl} - X_{ip}^{euk}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} x_1 \leq 24 - t_\delta \\ x_2 \leq 24 - \left(\sum_{j=1}^h t_j + \sum_{q=1}^w t_q \right) \end{cases}$$

де ΔX – параметр виконання плану; X_{ip}^{nl} – заплановане число поїздів, які будуть перероблюватися на станції (прибуття, відправлення, формування маршрутів); X_{ip}^{rl} – реальне виконання поїзної роботи станції; i – кількість станцій на дільниці, яка бере участь в оперативному плануванні; p – параметр оперативного плану поїзної роботи, який відповідає обсягу поїзної роботи (кількість відправлених, прибулих поїздів та сформованих маршрутів); x_1 – час до відправлення поїзда зі станції формування (при умові наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда), год; x_2 – час проходження поїзда від станції формування до станції розформування (з урахуванням перегінних часів ходу, часів на схрещення, обгони тощо); t_ϕ – час на

формування певного поїзда, год; t_j – час проходження поїздів по перегонах ($j = 1, 2, \dots, h$ де h – кількість перегонів), год; t_q – час простою поїздів під схрещеннями, обгонами, з неприймання на станцію ($q = 1, 2, \dots, w$ де w – кількість розмежувальних пунктів, на яких відбувалася затримка поїзда), год.

Практично на кожний елемент цільової функції (1) впливає ряд не взаємозалежних параметрів, згідно з цим задачу формування моделей оперативного планування поїзної роботи доцільно віднести до слабоструктурованої і вирішувати на основі застосування методів нечіткої логіки.

Згідно з цільовою функцією (1) комплекс моделей щодо оптимального плану поїзної роботи полігону залізниць буде складатися з трьох взаємозалежних моделей.

Згідно з поставленою задачею моделювання процесу визначення кількості поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку визначено трійку лінгвістичних змінних у вигляді [6]: $\langle x_1, T, H \rangle$, $\langle x_2, T, H \rangle$, $\langle x_3, T, H \rangle$. Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних, одержано:

$$\begin{cases} \langle x_1, T, H \rangle; \\ \langle x_2, T, H \rangle; \\ \langle x_3, T, H \rangle. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \{ \text{"Час до відправлення"}, \{ \text{"в межах доби"}, \text{"за межами доби"} \}, [0, 24] \}; \\ \{ \text{"Час проходження"}, \{ \text{"в межах доби"}, \text{"за межами доби"} \}, [0, 24] \}; \\ \{ \text{"Час до закінчення доби"}, \{ \text{"не встигне"}, \text{"встигне"} \}, [0, 24] \}. \end{cases} \quad (2)$$

де x_1 – лінгвістична змінна «Час до відправлення», яка характеризує час до відправлення поїзда зі станції формування (при умові наявності на станції формування вагонів у кількості, необхідній для формування поїзда); x_2 – лінгвістична змінна «Час проходження», яка характеризує час проходження поїзда від станції формування до станції розформування; x_3 – лінгвістична змінна «Час до закінчення доби», яка характеризує час, який залишився до закінчення планової доби.

У даному випадку побудову функцій приналежності більш доцільно здійснювати на основі нормального розподілу (розподіл Гаусса), який дозволяє описувати значну

більшість природних процесів притаманних життєдіяльності людини при значній кількості досліджень:

$$\mu_{\alpha_{hdv}} = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{[x_1 - \bar{x}_1]}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

де c – коефіцієнт зміщення; σ – коефіцієнт масштабу; \bar{x}_1 – математичне очікування часу відправлення поїзда.

З виразу (3) виходить, що розподіл Гаусса залежить від двох параметрів [7] – зміщення та масштабу, тобто, з математичної точки зору, є не одним розподілом, а цілим їх сімейством. Значення параметрів відповідають

значенням середнього (математичного очікування) і розкиду (стандартного відхилення). На

рис. 2-4 наведено графічну інтерпретацію визначених функцій приналежності.

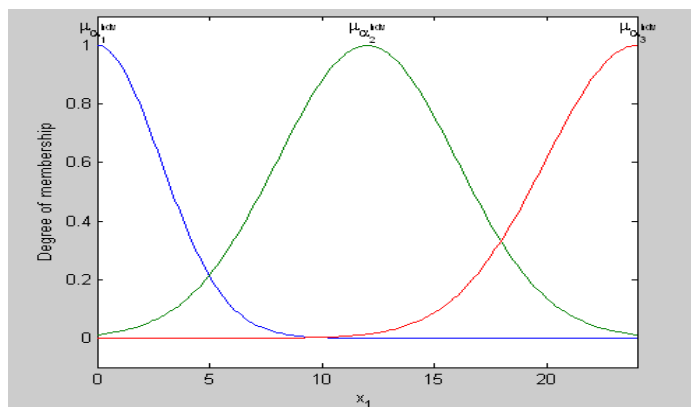


Рис. 2. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hdv}}$, $\mu_{\alpha_2^{hdv}}$, $\mu_{\alpha_3^{hdv}}$

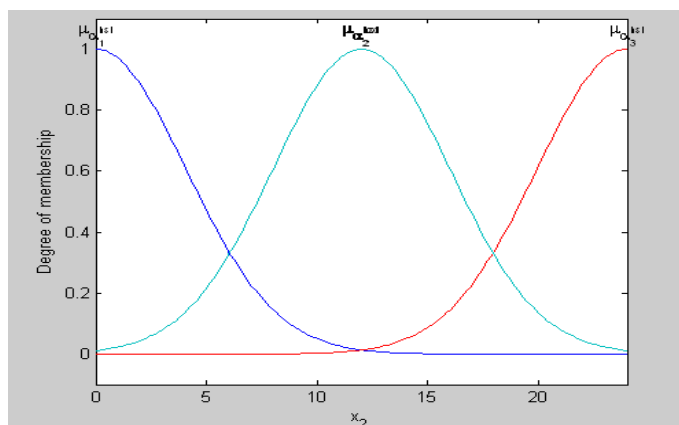


Рис. 3. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hsl}}$, $\mu_{\alpha_2^{hsl}}$, $\mu_{\alpha_3^{hsl}}$

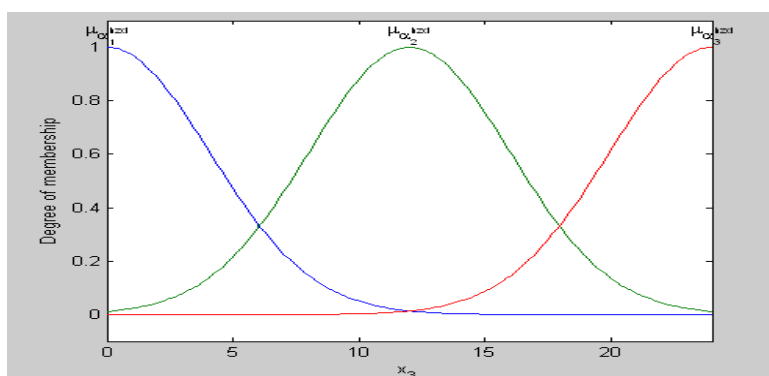


Рис. 4. Графічна інтерпретація функцій приналежності $\mu_{\alpha_1^{hzd}}$, $\mu_{\alpha_2^{hzd}}$, $\mu_{\alpha_3^{hzd}}$

Для вирішення задачі знаходження впевненості у відправленні поїзда зі станції формування в планову добу необхідно визначити такі лінгвістичні змінні у вигляді:

$\langle w, T, V \rangle$, $\langle r, T, H \rangle$. Безпосередньо переходячи до формалізації визначених лінгвістичних змінних, одержано [8]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle w, T, V \rangle; \\ \langle r, T, H \rangle. \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{"Кількість вагонів"}, \{ \text{"група вагонів"}, \text{"поїзд"} \}, [0,50] \rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення формування"}, \{ \text{"не відправиться"}, \text{"відправиться"} \}, [0,24] \rangle. \end{array} \right\} \quad (4)$$

Формування правил, побудова відповідних функцій приналежності та логічних висновків буде отримано аналогічно першій моделі.

Формування наступної моделі ґрунтується на визначенні такого комплексу лінгвістичних змінних:

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle v_1, T_1, V \rangle; \\ \langle v_2, T_2, H \rangle; \\ \langle v_3, T_3, E \rangle; \\ \langle v_4, T_4, L \rangle \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{"Кількість вагонів"}, \{ \text{"група вагонів"}, \text{"поїзд"} \}, [0,50] \rangle; \\ \langle \text{"Спроможність станції"}, \{ \text{"не відправиться"}, \text{"відправиться"} \}, [0,50] \rangle; \\ \langle \text{"Кількість станцій"}, \{ \text{"не раціональний"}, \text{"раціональний"} \}, [0,10] \rangle; \\ \langle \text{"Час до закінчення доби"}, \{ \text{"не встигне"}, \text{"встигне"} \}, [0,24] \rangle. \end{array} \right\} \quad (5)$$

Висновки. Впровадження запропонованої математичної моделі до автоматизованої системи управління перевезеннями на залізничному транспорті, яка практично має характер інформаційно-довідкової за своєю сутністю, надасть змогу підвищити рівень планування та управління

перевезеннями на залізничному транспорті. Запропонована автоматизована технологія надасть оперативному апарату управління фактично об'єктивного помічника, який буде миттєво надавати поради щодо вирішення будь-якого складного завдання.

Список використаних джерел

1. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями [Текст]: навч. посіб. / О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. – Харків: Тов. Компанія СМІТ, 2011. – С. 118.
2. Довідник основних показників роботи залізниць України (2002-2012 роки) [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2013. – С. 20.
3. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: учебн. для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / под ред. Э.К. Лецкого, Э.С. Поддавашкина, В.В. Яковлева. – М.: УМК МПС России. – 2000. – С. 450.
4. Правила планування перевезень вантажів [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2002.
5. Акулиничев, В.М. Применение математических методов и вычислительной техники в эксплуатации железных дорог [Текст]: учеб. пособие / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, В.А. Шульженко / Под. ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1973. – С. 196-200.
6. Мелехов, А.Н. Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой / А.Н. Мелехов, Л.С. Бернштейн, С.Я. Коровин. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1990.
7. Бутько, Т.В. Планування перевезень вантажу на основі раціональної організації вагонопотоків на залізниці із застосуванням теорії нечітких множин/ Т.В. Бутько, О.В. Лаврухін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. – Спецвипуск № 7. – С. 16-19.
8. Данько, М.І. Удосконалення процесу змінно-добового планування на основі застосування інтелектуальних методів [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко, В.О. Романчук // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 7-11.
9. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах [Текст]: підручник для ВНЗ / за ред. В.І. Ковалева, А.Т. Осьміної, Г.М. Грошевої. – М.: Маршрут, 2006. – С. 18-24.

10. Кулешов, В.М. Знаходження критерію пріоритетності розподілу технічних засобів реалізацією системи нечіткого виводу [Текст] / В.М. Кулешов, Ю.В. Доценко // Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 66. – С. 22-28.

Лаврухін Олександр Валерійович, доктор техн. наук, доцент, завідуючий кафедрою управління вантажною і комерційною роботою (УкрДАЗТ). Тел.(057)730-10-85

Митрофанова Олена Вікторівна, магістрант (УкрДАЗТ), інженер служби матеріально-технічного постачання Одеської залізниці. Тел.(048)727-29-01

Lavrukhin A.V., doct. of techn. sciences, associate professor, head of UWCC (UkrDAZT). Tel. (057) 730-10-85.

Mitrofanov Elena, master student, Ukraine State Academy of Railway Transport, engineer of logistics Odessa railway. Tel. (048) 727-29-01.

УДК 656.073.436

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Кандидати техн. наук П.В. Долгополов, Д.С. Козодой

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Кандидаты техн. наук П.В. Долгополов, Д.С. Козодой

GROWTH WAYS OF TRAFIC SAFE OF DANGEROUS FREIGHTS ON THE RAILWAY TRANSPORT

Candidates of techn. science P.V. Dolgoplov, D.S. Kozodoy

Розроблено заходи з визначення нормативів для побудови графіка руху поїздів, які враховують зустрічний рух поїздів з небезпечними вантажами та пасажирських поїздів. Також запропоновано впровадження регламентованого порядку визначення місць для відстою вагонів з небезпечними вантажами, який буде враховувати особливості розташування станції та під'їзних колій відносно промислових і житлових об'єктів, а також метеорологічні умови.

Ключові слова: небезпечні вантажі, графік руху поїздів, відстій вагонів, станційний інтервал, метеорологічні умови, особливості розміщення станції.

Разработаны меры по определению нормативов для построения графика движения поездов, учитывающих встречное движение поездов с опасными грузами и пассажирских поездов. Также предложено внедрение регламентированного порядка определения мест для отстоя вагонов с опасными грузами, учитывающего особенности расположения станции и подъездных путей относительно промышленных и жилых объектов, а также метеорологические условия.

Ключевые слова: опасные грузы, график движения поездов, отстой вагонов, станционный интервал, метеорологические условия, особенности расположения станции.

Measures in norm definition for creation of train movement graph, taking into account conflicting movement trains with dangerous freights and passenger trains were worked out in the article. Introduction, of regulated order of definition seats for deposit wagons with dangerous freights, which will be count features of station and local railway location according to industrial and habitable objects, also meteorological conditions was proposed.

Keywords: *dangerous freights, train movement graph, station interval, deposit wagons, meteorological conditions, features of station location.*

Вступ. З кожним роком у світі з'являється все більше підприємств, які використовують у своєму виробничому процесі радіаційні, вибухонебезпечні, пожежонебезпечні, отруйні та їдкі речовини. Тому частка речовин, виробів і матеріалів, що мають вказані властивості, у загальному вантажопотоці залізничного транспорту постійно збільшується. Споживачами речовин, виробів і матеріалів, що мають небезпечні властивості, є переважна більшість галузей промисловості України, що викликає необхідність у практично безперервному перевезенні таких речовин залізничним транспортом.

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Аварійні ситуації з небезпечними вантажами здатні викликати порушення нормальної життєдіяльності великих територій, призвести до техногенних та екологічних катастроф з важкими наслідками для систем життєзабезпечення населення і здоров'я людей. Однією з важливих умов зниження імовірності негативного впливу небезпечних вантажів на технічні пристрої, здоров'я людей і навколишнє природне середовище істотно є дотримання всіх параметрів перевізного процесу, що відповідає вимогам нормативно-технічної документації.

Кількість таких параметрів, що впливають на безпеку процесу перевезень небезпечних вантажів, достатньо велика, тому технологія таких перевезень має враховувати заходи захисту від всіх можливих джерел небезпеки. Для успішного вирішення цього завдання необхідно розглядати питання перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом у комплексі з техногенними, екологічними і соціальними аспектами.

Стратегія реформування залізничного транспорту має передбачати удосконалення нормативно-технічної документації щодо перевезень небезпечних вантажів, розробку безпечних методів ліквідації наслідків аварійних ситуацій, модернізацію рухомого складу та ін.

У зв'язку з цим актуальним питанням є розробка сучасних організаційних та технічних заходів, спрямованих на усунення потенційних

небезпек при перевезенні небезпечних вантажів залізничним транспортом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням з питань зменшення ризиків при перевезеннях небезпечних вантажів залізничним транспортом присвячені наукові праці таких вітчизняних вчених, як: В.М. Андросюк, В.М. Запара, А.М. Котенко, В.М. Лисенков, Д.В. Ломотько, В.І. Медведєв, Б.Л. Недорчук, І.О. Тесленко та ін.

Визначення мети і задачі дослідження. Метою даної роботи є аналіз існуючої в Україні технології формування і проходження поїздів з небезпечними вантажами та визначення напрямків удосконалення організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення безпеки операцій з небезпечними вантажами.

Основна частина дослідження. Згідно з Правилами [1] по залізничних дільницях вагони з небезпечними вантажами (НВ) 1, 2 та 3-го класів небезпеки (вибухові матеріали, гази, легкозаймисті рідини) можуть проходити з усіма вантажними поїздами відповідно плану формування поїздів. Такі вагони з проміжної станції на найближчі дільничні, вантажні та сортувальні станції і у зворотному напрямку можуть прямувати зі збірними, вивізними, передавальними поїздами або диспетчерськими локомотивами.

Поїзди, у складі яких є вагони з небезпечними вантажами 1-3 класів, при проходженні по ділянках мають перебувати під особливим спостереженням поїзного диспетчера (ДНЦ), чергових по станції (ДСП) та інших причетних працівників. Проте існує потенціальна небезпека аварії з тяжкими наслідками та людськими жертвами при схрещенні на двоколіїному перегоні поїзда з вантажами вказаних класів із зустрічним пасажирським поїздом, що не враховано у даних правилах. Крім того, ризик вибуху підвищується при схрещенні таких поїздів у межах зони наближення до підземних трубопроводів та сховищ із небезпечними матеріалами та вантажами, особливо 1-го, 2-го та 3-го класів небезпеки [2].

Таким чином, при побудові нормативних графіків руху поїздів (ГРП) дільниць з двоколіїними перегонами необхідно планувати місця схрещень вантажних поїздів з вантажами

Організація перевезень і управління на транспорті

1-го і 2-го класів із зустрічними пасажирськими поїздами на небезпечній відстані від потенційно небезпечних місць з урахуванням того, що згідно з [1, 3, 4] пасажирські поїзди мають вищий пріоритет, ніж вантажні поїзди.

Для визначення часу відправлення вантажного поїзда з проміжної станції, що обмежує перегін із потенційно небезпечним місцем, необхідно ввести станційний інтервал

зустрічного проходження τ_{en} , який показано на рис. 1.

Даний станційний інтервал являтиме собою найменший проміжок часу між проходженням на двоколіїний перегін пасажирського поїзда та проходженням (без зупинки) або відправленням (із зупинкою) на цей перегін зустрічного вантажного поїзда з небезпечним вантажем із сусідньої станції (рис. 2).

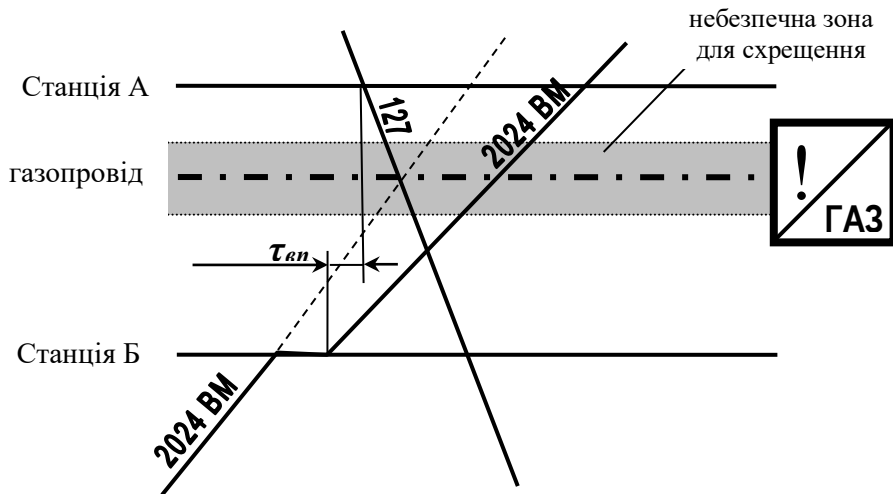


Рис. 1. Безпечне схрещення поїзда з НВ та пасажирського на двоколіїному перегоні з дотриманням станційного інтервалу зустрічного відправлення τ_{en}

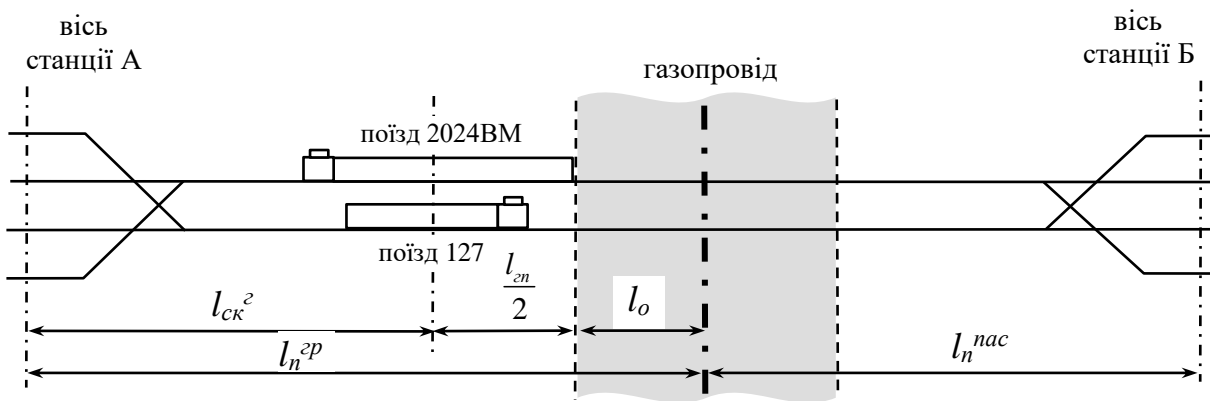


Рис. 2. Визначення станційного інтервалу зустрічного відправлення на двоколіїному перегоні

Величину станційного інтервалу зустрічного проходження із зупинкою доцільно визначити як

$$\tau_{en} = \left(\frac{l_{ck}^{zp}}{V_{zp}} - \frac{l_{ck}^{nac}}{V_{nac}} \right) \cdot 60 + t_p, \text{ хв}, \quad (1)$$

де $l_{ск}^{сп}$, $l_{ск}^{нас}$ – відстані від осей станцій відправлення відповідно вантажного та пасажирського поїздів до перетинання осей поїздів у момент схрещення, км;

$V_{сп}$, $V_{нас}$ – встановлені швидкості руху відповідно вантажного та пасажирського поїздів на перегоні, км/год;

t_p – додатковий час на розгін вантажного поїзда, хв.

Необхідно зазначити, що при побудові нормативного графіка руху поїздів необхідно планувати проходження вантажного поїзда без зупинки, із застосуванням станційного інтервалу зустрічного проходження із зупинкою

$$\tau_{en} = \left(\frac{l_{ск}^{сп}}{V_{сп}} - \frac{l_{ск}^{нас}}{V_{нас}} \right) \cdot 60, \text{ хв.} \quad (2)$$

При цьому

$$l_{ск}^{сп} = l_n^{сп} - \frac{l_{zn}}{2} - l_o, \text{ км,} \quad (3)$$

де $l_n^{сп}$ – відстань від осі станції до центру небезпечної зони для схрещення, км;

l_{zn} – норма довжини вантажних поїздів на дільниці, км;

l_o – величина небезпечної зони для схрещення від потенційно небезпечного об'єкту, км.

Відстань $l_{ск}^{нас}$ визначається аналогічним чином.

При проходженні поїздів за диспетчерським розкладом [5,6] або при проходженні поїзда, що запізнюється, ДНЦ разом із працівниками підпорядкованих йому станцій дільниці повинен відвести схрещення таких поїздів на перегоні за межі зони можливої небезпеки даних трубопроводів, сховищ та ліній електропередачі, враховуючи τ_{en} .

Окремої уваги потребує питання підвищення безпеки руху поїздів з небезпечними вантажами та маневрової роботи на станціях. Існуюча система передбачає, що на всіх сортувальних і дільничних станціях, станціях навантаження, вивантаження, перевантаження, перестановки вагонів з однієї колії на іншу, а також на інших станціях, де на розсуд начальника відділення дороги це необхідно, як додатки до ТРА станцій має

розроблятися місцева інструкція про порядок роботи з вагонами з ВМ, затверджувана начальником дирекції залізниці.

Поїзди, у складі яких є вагони з вибухонебезпечними речовинами, мають прийматися на спеціально виділені колії, зазначені в ТРА станції [7,8].

Місця стоянки, порядок закріплення і огороження вагонів з вибухонебезпечними речовинами поза поїздами, крім випадків перебування їх під накопиченням на сортувальних коліях, встановлюються ТРА станції відповідно до вимог Інструкції [5].

Проте на даний час у чинній нормативній документації повноцінно не враховано можливі загрози населенню та працівникам у надзвичайних ситуаціях при перевезенні небезпечних вантажів. Єдиний норматив віддалення колій для розміщення вагонів з небезпечними вантажами від виробничих і житлових будівель становить не менше 125 м [9,10]. Норми інших документів стосуються лише місць навантаження і вивантаження наливних вантажів [9].

Однак при дослідженнях зроблено висновок, що на станціях українських залізниць відстані від колій для відстою вагонів з небезпечними вантажами до виробничих і житлових будівель мають на сьогодні такі величини:

- менше 50 м – близько 5 %;
- від 50 до 125 м – близько 25 %;
- понад 125 м – близько 70 %.

Як видно, у 30 % випадків нормативні відстані не дотримані, причому внаслідок об'єктивної причини – розташування станційної площадки в межах густої забудови.

Як відомо, при виборі шляху відставлення несправних вагонів з небезпечними вантажами має прийматися до уваги переважний напрямок вітру згідно з розою вітрів упродовж року. Однак, під час пошкодження вагона вітер може бути спрямований і в непереважний, у тому числі в протилежний від переважного напрямку бік.

Таким чином, кожне конкретне рішення про відставлення вагона має визначатися метеорологічними умовами в момент виникнення несправності, а працівники в будь-який час повинні бути забезпечені метеорологічними даними, в тому числі про силу та напрямок вітру.

У зв'язку з цим на станціях, на яких не забезпечуються нормативні відстані від колії

відстою несправних вагонів з небезпечними вантажами до виробничих і житлових будівель, повинні передбачатися як мінімум дві такі колії, розташовані у різних районах станції. Це дасть змогу у кожних конкретних метеорологічних умовах здійснити більш безпечний вибір шляху відстою таких вагонів з урахуванням напрямку вітру під час аварії.

Залежно від властивостей вантажів, що перевозяться, масштабів і особливостей аварійної ситуації розміри небезпечної та санітарної захисної зони можуть істотно перевершувати фактичні відстані до житлових і виробничих приміщень, а також вокзалів та пасажирських платформ. У таких випадках при складанні на станціях місцевих інструкцій про порядок роботи з вагонами, завантаженими вантажами класу безпеки 1, а також інших класів, має розглядатися питання про винесення пункту відставлення на під'їзну

колію, що примикає до станції, або, у винятковому випадку, на сусідню станцію. При цьому має бути враховано, що переміщення несправного вагона на значну відстань може бути неприпустимим за умовами безпеки.

Висновки з дослідження і перспективи.

Для підвищення безпеки перевезень небезпечних вантажів залізничним транспортом є необхідним:

- розробка нормативів, які б враховували зустрічний рух поїздів з небезпечними вантажами та пасажирських поїздів шляхом впровадження станційного інтервалу зустрічного проходження τ_{en} ;

- впровадження чітко регламентованого порядку визначення місць для відстою вагонів з небезпечними вантажами, який буде враховувати особливості розташування станції відносно промислових і житлових об'єктів та метеорологічних умов.

Список використаних джерел

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: наказ Міністерства транспорту України від 20.12.96 № 411 із змін. і допов., внесеними наказами Міністерства транспорту України від 08.06.1998 р. № 226, від 23.07.1999 р. № 386, від 19.03.2002 р. № 179, від 10.12.2003 р. № 962. – К., 2003. – 132 с.
2. Пищик, Ф.П. Безопасность движения на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. пособие / Ф.П. Пищик. – Гомель: БелГУТ, 2009. – 269 с.
3. Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учебн. для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / П.С. Грунтов, А.М. Макарович, В.Г. Шубко; под общ. ред. П.С. Грунтова. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
4. Кочнев, Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог: Учеб. пособие для вузов [Текст] / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
5. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України ЦД-0058 [Текст]: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 31.08.05 р. № 507. – К., 2005. – 464с.
6. Правила перевезення небезпечних вантажів [Текст]. – Затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 25.11.2008 р. № 1430, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 26 лютого 2009 р. за № 180/16196. – К.: ТОВ «Основа», 2009. – 546 с.
7. Типовий технологічний процес роботи дільничної станції [Текст]. – К.: Транспорт України, 1998. – 206 с.
8. Типовий технологічний процес роботи сортувальної станції [Текст]. – К.: Транспорт України, 1998. – 169 с.
9. Правила перевезення наливних вантажів [Текст]. – Затв. наказом Міністерства транспорту України 18.04.2003 р. № 299, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 7 липня 2003 р. за № 558/7879. – К.: Укрзалізниця, ТОВ «Видавничий дом САМ», 2012. – 221 с.
10. ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/1-1-0-88>.

Рецензент д-р техн. наук, доцент О.В. Лаврухін

Долгополов Петро Віталійович, канд. техн. наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Української державної академії залізничного транспорту, 730-10-88 pit2013@mail.ru.

Козодой Дмитро Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри охорони праці та навколишнього середовища Української державної академії залізничного транспорту, 732-68-00, Dmitry_1980@ukr.net.

Dolgoplov Peter, cand. of techn. sciences, associate professor of management of operational work, Ukrainian State Academy of Railway Transport 730-10-88 pit2013@mail.ru.

Kozodoy Dmytro, cand. of techn. sciences, associate professor of office of labor safety, Ukrainian State Academy of Railway Transport, 732-68-00, Dmitry_1980@ukr.net.

УДК 625.078.1

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВИХ ВАРИАНТІВ ДОСТАВКИ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ ПРИ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ У МЕЖАХ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

Д-р техн. наук Є.С. Альошинський, асп. С.О. Світлична, магістрант А.М. Багно

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ ДОСТАВКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ ПРИ СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ В ПРЕДЕЛАХ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УКРАИНЫ

Д-р техн. наук Е.С. Алёшинский, асп. С.А. Светличная, магистрант А.Н. Багно

INVESTIGATION OF POSSIBLE DELIVERY OPTIONS OF INTERNATIONAL FREIGHT TRAFFIC IN MULTIMODAL TRANSPORT WITHIN THE TRANSPORT SYSTEM OF UKRAINE

Doct. of techn. sciences E. Alyoshinsky, postgraduate S. Svitlychna, master student A. Bagno

У статті проведено аналіз розвитку ринку морських перевезень. Із метою формування раціональних маршрутів при змішаних перевезеннях запропоновано можливі варіанти доставки міжнародних вантажопотоків різними видами транспорту в межах транспортної системи нашої держави, з об'єднанням обласних центрів в асоціативні товариства транспортних підприємств.

Ключові слова: морські торговельні порти (МТП), асоціативні товариства (АТ), маршрутизація перевезень.

В статті проведено аналіз розвитку ринку морських перевезень. С целью формирования рациональных маршрутов смешанных перевозок предложены возможные варианты доставки международных грузопотоков различными видами транспорта в пределах транспортной системы нашего государства, с объединением областных центров в ассоциативные общества транспортных предприятий.

Ключевые слова: морские торговые порты (МТП), ассоциативные общества (АО), маршрутизация перевозок.

The paper highlights the main issues of concerning the formation of rational routes in mixed traffic, by combining the regional centers of Ukraine in association society of transport services. Based on the performed analysis of the current state of import, export and transit cargo all commercial sea ports of our country, to work the butt to find ways to discharge zones of influence (port zone), where a high concentration of cargo, freeing the port of port and railway approaches the mass concentration goods that are awaiting execution required transactions. As a result of the research, presented recommendations for the formation of routing options international cargo traffic through the ports in both directions, including road, rail transport and river transport.

Keywords: Commercial Sea Port (CSP), associative companies (AC), routing traffic.

Вступ. Важливу роль у здійсненні зовнішньоторговельних перевезень відіграє злагоджена співпраця залізничного та водного (морського і річкового) транспорту, що є

визначальною перспективою розвитку шляхів сполучення України з країнами далекого та ближнього зарубіжжя.

На сьогоднішній день морський транспорт – це невід’ємна складова міжнародної логістичної системи, яка займає до 80 % загального обсягу перевезень вантажів у світовій торгівлі. Так, за останні сорок років у загальному обсязі морські перевезення зростали в середньому на 3 % на рік (від показника 2,6 млрд т у 1970 році до 9,2 млрд т у 2012 році) [1].

Найбільш важливими центрами зосередження доставки вантажів водними шляхами з різних континентів, переважно в контейнерах, є країни Західної Європи та Азії (Нідерланди, Франція, Китай, ОАЕ та ін.). Зі складів зазначених держав товари доставляють до місць призначення залізничними чи автомобільними шляхами [1].

Аналіз стану питання. Україна завдяки своєму унікальному географічному місцю розташування та у результаті впровадження нових маршрутів доставки вантажів через морські простори та суходільну територію нашої держави може виступати прямим бенефіціаром, тобто одержувати вигоди від реалізації програм розвитку.

Портові комплекси морського басейну – це міжнародне вікно, через яке проходять експортні, імпорتنі та транзитні вантажопотоки. Ефективність роботи портів залежить від координованого зв’язку взаємодіючих у цьому процесі підсистем та оптимального розподілу зовнішньоторговельних вантажів за напрямками.

Досліджуючи статистичні дані динаміки змін обсягів імпорتنих, експортних та транзитних вантажопотоків усіх МТП України, у тому числі розподілу потоків як за окремими морськими портами, так і за родами вантажів [2-5], було виявлено такі тенденції:

- збільшення обсягів експортних поставок вантажів у морських (річкових) портах (основні напрямки – Китай, Туреччина, Єгипет);

- майже всі порти двох басейнів орієнтовані в першу чергу на експорт, окрім Керченського і Феодосійського (транзит), а також Ялтинського, Усть-Дунайського та Херсонського (каботаж – плавання між портами однієї держави);

- зі значними транзитними потоками (більше 1 млн т вантажів за рік) працюють такі порти: Одеський, Іллічівський, Феодосійський, Керченський, Південний, Миколаївський та ін.;

- переробка імпорتنих вантажів (більше 1 млн т за рік) здійснюється в Одеському, Миколаївському, Південному портах;

- відстежується тенденція зростання обсягів контейнерних перевезень.

Саме за показниками контейнерних вантажопотоків Україна серед держав, які беруть участь у морських перевезеннях, займала 70-те місце у світі. На сьогоднішній день ваговий еквівалент обсягів оброблених вантажів у контейнерах за рік становить близько 7,8 млн т [5].

Беручи до уваги Загальнодержавну програму відновлення в басейні Дніпра транспортного судноплавства [6], пропонується також звернути увагу на сучасний стан та перспективи розвитку перевезень річковим транспортом.

Аналіз показав, що на сьогоднішній день в Україні набувають значення контейнерні фідерні перевезення (згрупування або розподіл вантажів у одному з портів для доставки відкритим морем) [7] із Іллічівська та Одеси Дніпром, а також річково-морське сполучення через Дунай.

Дніпро є частиною основної річкової мережі України, значним вантажним трансферним центром, який сполучає центральну частину держави і Київ із Чорним морем. Річковий порт у столиці обробляє половину вантажів свого басейну, надаючи доступ до північних та південних регіонів України, вздовж внутрішніх водних шляхів та своїх приток.

Значну економічну важливість має р. Дунай, оскільки вона сполучає Україну з іншими державами дельти Дунаю, Центральною Європою, а при з’єднанні з р. Рейн – із портом Роттердам. Три українські торговельні порти розміщені у дельті Дунаю: Рені, Ізмаїл, Усть-Дунайський [8].

Також на теперішній час функціонують такі річкові порти: Херсон (річковий та морський порт), Дніпропетровськ, Запоріжжя, Черкаси, Кременчук, Дніпродзержинськ та Нікополь.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогоднішній день дуже важливою проблемою розвитку морських портів України з метою зростання обсягів міжнародних імпорتنих і транзитних вантажопотоків є відсутність раціональної маршрутизації вантажів до місць призначення територією

нашої держави, враховуючи використання змішаних схем доставки товарів.

В умовах прогнозованого збільшення обсягів міжнародних вантажних перевезень це може призвести до вже виникаючих раніше негативних ситуацій: транспортні колапси на портовій території, утворення заторів на залізничних підходах до порту і всього транспортного вузла, а також «згорання» встановленого часу доставки вантажів одержувачам і як наслідок втрати грошових ресурсів усіма учасниками перевізного процесу в результаті значних простоїв [9, 10].

Основна частина дослідження. Із метою розвантаження стикових зон впливу (портові зони), де зосереджена велика кількість вантажів, пропонується розглянути можливі варіанти маршрутизації міжнародних вантажопотоків, включаючи автомобільні, залізничні перевезення, а також річковий транспорт. Останній має перспективи збільшення вантажообігу, а тому може бути використаний як резерв пропуску вхідних та вихідних потоків [6].

Розглянувши адміністративну карту України, розділимо її умовно за регіонами, у

які, із яких та через які доставляються міжнародні вантажопотоки з портових зон та у зворотному напрямку.

При цьому обласні центри можна об'єднати в асоціативні товариства (АТ) транспортних підприємств із метою формування координованих відправок вантажу для раціонального розподілу потужностей транспортних засобів і пропускних можливостей пунктів стикування (рис. 1):

- області, через які проходить р. Дніпро (Херсонська, Запорізька, Дніпропетровська, Черкаська, Київська, Кіровоградська, Полтавська) (АТ 1);

- морські припортові області (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Донецька) (АТ 2);

- регіони Правобережної України, по лівій стороні від Дніпра (Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Волинська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, Житомирська, Рівненська, Вінницька) (АТ 3);

- регіони Лівобережної України (Чернігівська, Сумська, Полтавська, Харківська, Луганська, Донецька) (АТ 4).



Рис. 1. Структурна схема умовного об'єднання областей України в асоціативні товариства за регіонами

Однак у даній структурі можливі винятки, випадки, до яких потрібен особливий підхід: зони портів Рені та Ізмаїл, Керч та Феодосія, Маріуполь та Бердянськ; області, які входять до

двох груп об'єднань одночасно: Херсонська, Запорізька, Донецька та Полтавська.

Проведемо дослідження імовірних варіантів доставки товарів при взаємодії різних

Організація перевезень і управління на транспорті

видів транспорту (автомобільний, залізничний, водний), які проходять через портові ворота України у межах її транспортної системи та зобразимо їх у вигляді загальноструктурних схем.

На першій схемі (рис. 2) наведено рух експортних (Е) та імпорتنих (Ім) потоків між

об'єктами АТ 1, АТ 3, АТ 4 і портами України, при цьому розглянуто можливі варіанти взаємодії автомобільного й залізничного транспорту (Е5, Е7, Ім5, Ім7) та автомобільного й річкового (Е6, Е8, Ім6, Ім8), із прямим та непрямим перевантаженням (П) у портових зонах.

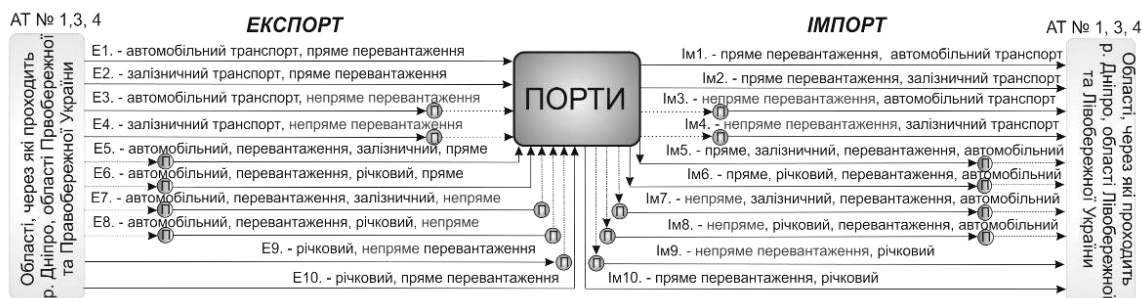


Рис. 2. Структурна схема № 1 – переміщення експортних та імпорتنих вантажопотоків між портами й асоціативними товариствами АТ 1, АТ 3, АТ 4

На рис. 3 показано об'єкт АТ 2, до якого входять припортові області, у цьому блоці експортні – Е (2) та імпорتنі – Ім (2) перевезення здійснюються за такими ж самими напрямками, що й у попередній схемі, за винятком Е5 (2), Е6 (2), Ім5 (2), Ім6 (2) – для Херсонської області можливий варіант

взаємодії автомобільного та річкового транспорту за прямим та непрямим перевантаженням; Е7 (2), Ім7 (2) – це доставка вантажу до портів Рені та Ізмаїл автотранспортом, а далі по р. Дністер і у зворотному напрямі (імпорт).

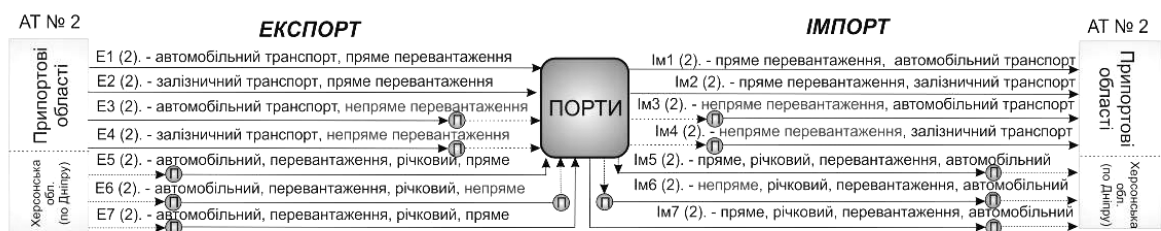


Рис. 3. Структурна схема № 2 – переміщення експортних та імпорتنих вантажопотоків між портами та областями асоціативного товариства АТ 2

Остання схема (рис. 4) відображає можливі варіанти переміщення транзитних вантажопотоків (Тр) у обох напрямках між портами, асоціативними товариствами АТ 1, АТ 2, АТ 3, АТ 4 та суміжними з нашою

державою країнами. Особливістю даної структури є додаткові напрями доставки вантажів при перевезенні через порти Азовського басейну (Тр15 – Тр18), а також порти Рені та Ізмаїл (Тр11 – Тр13).

Організація перевезень і управління на транспорті

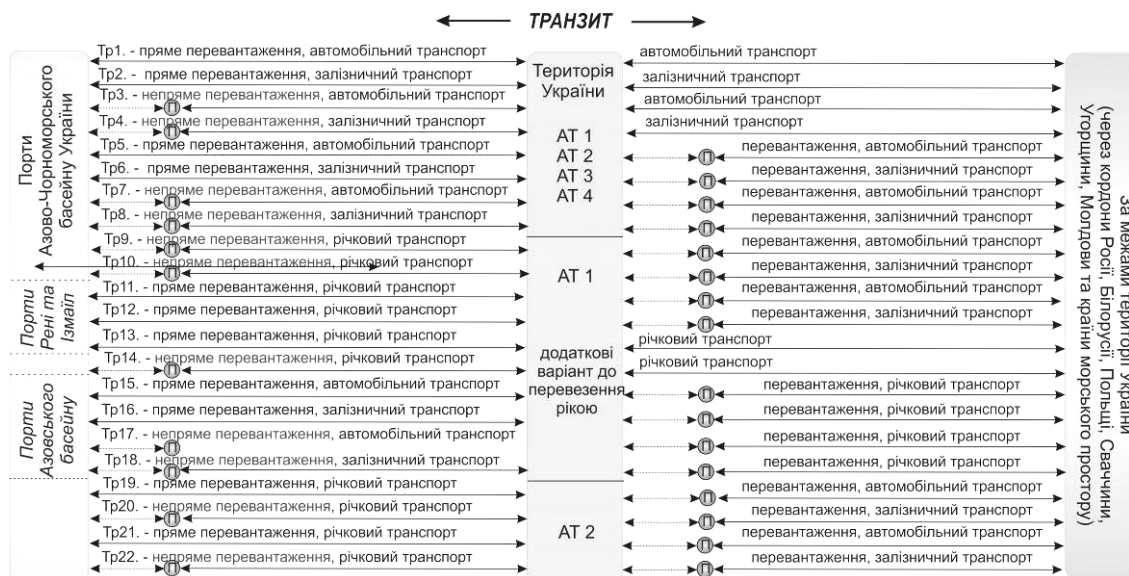


Рис. 4. Структурна схема № 3 – переміщення транзитних вантажопотоків у обох напрямках між портами, областями чотирьох асоціативних товариств України та граничними з нею державами

Таким чином, наведені вище схеми показують ряд можливих варіантів доставки експортних, імпорتنих та транзитних вантажів за участю різних видів транспорту, за умов прямого чи непрямого перевантаження в портах та по ходу прямування товарів.

Відправнику вантажу, в залежності від указаних ним умов перевезення (у найкоротші строки чи з мінімальними затратами), можна запропонувати раціональні маршрути доставки товару різними видами транспорту. І тим самим звільнити територію порту та припортових залізничних підходів від масового зосередження вантажів, які перебувають в очікуванні на виконання необхідних операцій. Оскільки одна частина міжнародних вантажопотоків буде транспортуватися за маршрутами, головною характеристикою яких є економія грошових ресурсів (без зберігання на площадках, складах чи очікування швидкого

виду транспорту та без умов мінімізації часових затрат), а інша частина товарів навпаки переміщується з найменшим часом доставки.

Висновки з дослідження. Проаналізовано розвиток ринку морських перевезень. Із метою формування раціональних маршрутів змішаних перевезень запропоновано можливі варіанти доставки міжнародних вантажопотоків у межах транспортної системи нашої держави різними видами транспорту, з об'єднанням обласних центрів в асоціативні товариства транспортних підприємств.

У результаті проведених досліджень було визначено варіанти маршрутизації міжнародних вантажопотоків, включаючи автомобільні, залізничні перевезення та річковий транспорт, із метою розвантаження стикових зон впливу (портових зон), де зосереджена велика кількість вантажів.

Список використаних джерел

1. Review of maritime transport 2012 // United Nations Conference on trade and development. New York and Geneva, 2012.
2. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
3. Показники роботи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.port.odessa.ua/index.php/ua/pres-tsentr/pokazniki-roboti>.
4. Морские бизнес-новости Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maritimebusinessnews.com.ua/>.

5. Экспорт, импорт та транзит за 2012 рік [Текст]: статистичний бюлетень / Державна служба статистики України. – К., 2013. – 128 с.
6. Загальнодержавна програма відновлення в басейні Дніпра транспортного судноплавства [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=246771421&cat_id=244276429.
7. Яцківський, Л.Ю. Загальний курс транспорту [Текст]: навч. посібник. Кн. 2 / Л.Ю. Яцківський, Д.В. Зеркалов. – К.: Арістей, 2007. – 489 с.
8. Цамбулас, Д. Оптимізація продуктивності мультимодальних перевезень логістичних ланцюгів [Текст]: матеріали другого семінару із мультимодальних перевезень та логістики / Д. Цамбулас. – К., 2013. – 30 с.
9. Бельченко, Т. Загрозлива диспропорція [Текст] / Т. Бельченко // Магістраль. – 2011. – № 42 (1625). – С. 6.
10. Альошинський, Є.С. Дослідження етапів розподілу процесу переробки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях [Текст] / Є.С. Альошинський, С.О. Світлична, Ю.Ю. Виборнова // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – №4/1(12). – С. 27-33.

Альошинський Євген Семенович, доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем та логістики Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-55. E-mail: aes-upp@mail.ru.
Світлична Софія Олександрівна, аспірант кафедри транспортних систем та логістики Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-55. E-mail: sofya.svetlichnaya@mail.ru
Багно Артем Миколайович магістрант кафедри транспортних систем та логістики Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-55.

Alyoshinsky Eugen Semenovich, doctor of techn. sciences, professor, head of department of transport systems and logistics Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-55. E-mail: aes-upp@mail.ru.
Svitlichna Sofiya Oleksandrivna, postgraduate of department of transport systems and logistics Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-55. E-mail: sofya.svetlichnaya@mail.ru
Bagno Artem Nikolaevich, master student, Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-55.

УДК 629.1

МЕТОДИ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ З УРАХУВАННЯМ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ

Асп. Н.В. Козодой

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С УЧЕТОМ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

Асп. Н.В. Козодой

ASSESSMENT METHODS OF PROFESSIONAL RISK SUBJECT TO COMPLEX ACTION OF HARMFUL FACTORS

Postgraduate N. Kozodoy

У роботі зроблено огляд існуючих у світі та в Україні методів оцінювання комплексного впливу шкідливих виробничих факторів і методів оцінки професійного ризику. Проаналізовано недоліки та можливість використання їх у галузі машинобудування. Обґрунтована необхідність у нових методах прогнозу професійного ризику на основі аналізу показників виробничо обумовлених і професійних захворювань.

Ключові слова: професійний ризик, шкідливі та небезпечні фактори, машинобудування, професійна захворюваність.

В работе сделан обзор существующих в мире и в Украине методов оценки комплексного воздействия вредных производственных факторов и методов оценки профессионального риска. Проанализированы недостатки и возможность использования их в отрасли машиностроения. Обоснована необходимость в новых методах прогноза профессионального риска на основе анализа показателей производственно обусловленных и профессиональных заболеваний.

Ключевые слова: профессиональный риск, вредные и опасные факторы, машиностроение, профессиональная заболеваемость.

The examination of existing in the world and in Ukraine appraisal methods of complex influence of harmful production factors and assessment methods of professional risk is performed in the work.

Techniques and principles of assessment and work condition classification, applied in the world practice were analyzed.

Existing approaches to assessment of professional risk in Ukrainian industry and in the world practice were described. Need in new forecast methods of professional risk on base of index analyses of industrial conditioned and professional illnesses was showed. Integral assessment of professional risk with one-numbered index, allowing to place work conditions, weight and tension of work process in separate professions, shops, productions is especially ordered.

Directed viewing of existing assessment action methods of harmful factors was showed, that they cannot be committed for taking into consideration of complex influence of safe and harmful factors of industrial environment in machinery construction, that's why in given direction carrying out following researches aimed for working out acceptable assessment methods of complex influence of industrial factors is necessary.

Keywords: professional risk, harmful and dangerous factors, machinery construction, professional illness.

Вступ. В умовах сучасних машинобудівних підприємств особливого значення набуває вивчення стану умов праці працівників, виявлення дії несприятливих факторів виробничого середовища на організм людини, необхідність вживання спеціальних заходів для захисту від їх дії, розроблення комплексу заходів з профілактики і зниження професійного ризику.

За даними Державної служби статистики України, в умовах праці, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, в Україні станом на 01.01.2013 р. зайнято 1,3 млн працівників, у середньому – 28,9 % загальної кількості працівників. Питома вага таких працівників у загальній кількості щорічно збільшується. Значну кількість таких працівників складають жінки, що негативно позначається на їх здоров'ї, призводить до патології вагітності та впливає на здоров'я нащадків.

В Україні в умовах перевищення у повітрі робочої зони гранично допустимої концентрації (ГДК) хімічних речовин 1-4 класу небезпеки в Україні працює 8,9 % працівників, пилу фіброгенної дії – 11,5 %; в умовах

збільшених рівнів вібрації – 4,0 %, шуму – 16,1 %; у несприятливому мікрокліматі – 9,6 %, у важких умовах праці – 8,0 %, напруженості праці – 11,6 %, у несприятливій робочій позі – 12,1 %.

Ці дані свідчать про низьку ефективність комплексних заходів підприємств з поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, більшість з яких складаються формально. Причиною виникнення такої ситуації є, насамперед, існуюча в Україні система гігієнічної класифікації умов праці, яка не враховує наслідки комплексної дії на працівників шкідливих і небезпечних факторів і, відповідно, не здатна надати адекватну інформацію для подальшого розроблення заходів з поліпшення охорони праці [1].

Отже, доцільність та ефективність розроблення і впровадження методів оцінки виробничого ризику на машинобудівних підприємствах з урахуванням комплексної дії шкідливих виробничих факторів не викликає сумнівів, внаслідок того, що дозволяє приймати економічно і соціально обґрунтовані рішення з оптимізації та запобігання виробничому

травматизму і професійної захворюваності з урахуванням особливостей конкретного виробництва.

Постановка проблеми. Враховуючи сьогоденний стан умов праці на підприємствах України та збільшення рівня професійної захворюваності, виникає гостра необхідність у дослідженнях і розробленні сучасних управлінських рішень, спрямованих на посилення захисту працівників від дії шкідливих факторів, у тому числі й за рахунок удосконалення методів оцінки умов праці, пошуку нових їх критеріїв. Соціально-економічна доцільність виконання даних досліджень відповідає „Загальнодержавній соціальній програмі поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 рр.” [2].

Літературний огляд. Питанням дослідження професійних ризиків у світі почали приділяти увагу ще з 80-х років ХХ сторіччя. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку проводяться за сприяння таких міжнародних організацій, як Міжнародна організація праці (ILO), Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO), Міжнародна асоціація соціального забезпечення (MACO), Міжнародна організація стандартизації (ISO). Вагомих результатів у різних галузях з даного напрямку досліджень свого часу вдалося досягти вченим G. Fragala, Q. Saari, M. Russel, M. Gruber, S.S. Sadra, K.G. Rampal та ін. [3-8]. Дослідженнями впливу шкідливих факторів на працівників свого часу займалися такі вчені, як А.М. Невський, W. Marshall, S. Paitersen, E.J. Henly, Г.Г. Гогіташвілі, М.А. Кас'янов, М.Ф. Измеров, А.В. Фомочкін, В.Д. Роїк, Е.М. Соколов та ін. [9-23]. Однак, слід зазначити, що переважна більшість виконаних досліджень не враховують особливостей одночасної дії кількох шкідливих факторів, тобто розглядається дія на людину окремих факторів без урахування інших, що негативно позначається на ефективності розроблених захисних заходів.

Огляд існуючих підходів в оцінці виробничого ризику. Мета роботи. Виконати огляд існуючих методів визначення впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища на людину з урахуванням їхнього сумісного впливу. Розглянути принципи оцінювання професійного ризику.

Методи оцінки умов праці. У наш час оцінка умов праці в Україні виконується відповідно до ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». У документі наведено порядок обліку окремих факторів виробничого середовища, але не розроблено кількісну оцінку поєданого впливу несприятливих факторів, постійно або періодично присутніх на робочих місцях.

Специфіка галузі машинобудування та комплекс факторів, що формують умови праці на робочих місцях, призводять до необхідності врахування сукупного впливу факторів на здоров'я персоналу та їх спільного внеску в показники захворюваності.

У більшості робіт [3, 9, 10] наводяться результати досліджень про несприятливу дію на організм людини або одного, або двох факторів. Дослідження, присвячені вивченню дії трьох, чотирьох і більше факторів, зустрічаються дуже рідко, і це обумовлено в основному складністю планування і пояснення отриманих результатів.

Слід зазначити, що досліджувана проблема розглянута в літературі недостатньо повно. У більшості опублікованих робіт з даної теми наведено аналіз впливу умов праці на здоров'я для працівників нафтогазової промисловості, а також для персоналу гірничодобувних підприємств [10, 11]. Подібних досліджень для машинобудівних підприємств практично не проводилося.

У роботах [6, 12, 13] досліджується, як виробничі фактори та навколишнє середовище впливають на загальну захворюваність і захворюваність окремими видами хвороб. Певний інтерес викликає те, який вплив має забруднення навколишнього середовища і несприятливі фактори на захворюваність, скорочення тривалості життя і смертність [14].

Наявні дані [15] вказують, що, наприклад, спільна дія шуму, вібрації та шкідливих хімічних речовин призводить до більш серйозних змін функціонального стану людини і зниження його працездатності, ніж вплив кожного з них окремо. Одночасна дія промислових отрут і шуму або вібрації на рівні ПДУ супроводжується великим збільшенням захворюваності та тимчасової втрати працездатності внаслідок змін функціонального

стану центральної нервової системи та серцево-судинної системи. Розглянемо основні результати досліджень, присвячені оцінці та аналізу впливу шкідливих факторів виробничого і навколишнього середовища на стан здоров'я.

У більшості робіт використовуються методи математичної статистики, такі як кореляційно-регресійний аналіз. Кореляційно-регресійний аналіз дозволяє встановити та оцінити зв'язок між визначальними факторами і результатним показником. На основі оброблених статистичних даних можна визначити залежності між факторами. Проте для проведення таких досліджень необхідний величезний обсяг статистичних даних, причому іноді одержувані результати важко піддаються інтерпретації [16].

У роботі [16] пропонується спосіб кількісного виявлення частки захворюваності, пов'язаної з несприятливими умовами праці, який можна використовувати для визначення професійних «груп ризику». Рекомендації обґрунтовуються методами математичної обробки вихідних даних, і для розрахунків пропонується статистична апроксимація.

Кожен з використовуваних показників захворюваності y , розглянутий на деякій послідовності груп спостереження, являє собою випадкову функцію, імовірно залежну від середніх значень параметра (або параметрів) угруповання P_1, P_2, P_n :

$$y = \Phi\{P_1, P_2, \dots, P_n\}. \quad (1)$$

В основу статистичного апроксимування покладена гіпотеза гладкості (поступовості змін) математичного очікування випадкових величин виду. В умовах справедливості цієї гіпотези особливості поведінки (тобто зростання або зменшення, уповільнення або прискорення в темпах змін) такого математичного очікування виражаються лінійними (зростання, спадання) і квадратичними (уповільнення, прискорення) членами розкладання функції $y = M\Phi\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ у ряд Тейлора.

У такому разі, якщо прийняти, наприклад, що $P_1 = t$ - це стаж, $P_2 = x$ - це вік, то рівняння набуде вигляду

$$y = a + bt + cx + dt^2 + ftx + gx^2, \quad (2)$$

де a, b, c, d, f, g - вільний член і коефіцієнти при поточних змінних t, x і їх других степенях.

Дані коефіцієнти підлягають визначенню на основі сукупності зібраних статистичних даних [16].

Відсутність на сьогодні єдиного універсального підходу до оцінки комплексної дії шкідливих виробничих факторів обумовлює необхідність створення такої системи комплексної оцінки умов праці на промислових підприємствах, нових діагностичних технологій для оцінки прогнозу, краще за все з одночисловим показником професійного ризику, що дозволяє ранжувати умови праці в окремих професіях, цехах, виробництвах і галузях з урахуванням рівня професійних захворювань.

Визначення методів оцінки професійного ризику. З позицій гігієни праці та професійної захворюваності професійний ризик розглядається в аспекті встановлення кількісних закономірностей виникнення професійної захворюваності працівників і розроблення механізмів її попередження. При цьому вивчаються фактори виробничого середовища (шум, вібрація, хімічні та біологічні речовини і т. д.) і трудового процесу (інтенсивність праці, темп роботи і т. д.) як джерела ушкодження здоров'я [10]. Даний підхід зафіксований у визначенні професійного ризику Всесвітньою організацією охорони здоров'я: ризик - це математична концепція, що містить очікувану тяжкість і/або частоту несприятливих реакцій організму людини на дану експозицію шкідливого фактора виробничого середовища. Рівень ризику визначається шляхом порівняння ступеня поширення тих чи інших захворювань за певними професійними групами працівників у конкретних умовах праці (експозиція факторів виробничого середовища, клас небезпеки речовин і перевищення їх концентрації відносно санітарних норм).

З позиції охорони праці професійний ризик розглядається в аспекті виявлення технічних та організаційних факторів ризику (техніка, технологія і вид виробництва, організація праці, професійна підготовка персоналу та проведення профілактичної роботи з охорони праці), що впливають на

рівень виробничого травматизму і розроблення системи технічних і організаційних заходів щодо його зниження [17].

У процесі оцінки ризику можна умовно виділити чотири етапи. На першому етапі виявляються шкідливі і небезпечні фактори професійного ризику з позиції їх потенційної небезпеки для здоров'я працівників. На другому етапі відбувається збір даних про частоту і тяжкість наслідків виробничого травматизму та професійної захворюваності. На третьому етапі проводиться економічна оцінка наслідків виробничого травматизму та професійної захворюваності. На четвертому етапі відбувається актуарне оцінювання професійних ризиків і вибирається модель страхування від професійних ризиків [4, 5, 7, 8].

Поєднання якісних і кількісних методів оцінки ризику по професійних групах працюючих дозволяє отримати характеристики професійного ризику. Дані методи широко використовуються для розроблення профілактичних, компенсаційних і реабілітаційних заходів: при проектуванні та експлуатації виробничих об'єктів і технологічних рішень; при реалізації медико-біологічних програм з виявлення та зниження професійних захворювань; при розробленні та здійсненні державної політики у галузі профілактики та компенсації втрати працездатності на виробництві.

Об'єктом вивчення професійних ризиків служить робоче місце, де проявляє себе ризикова ситуація як перетин імовірнісних характеристик трьох компонентів: факторів ризику, суб'єкта ризику та управління ризиком. Наприклад, на робочому місці на працівника з різною часткою вірогідності можуть впливати фактори ризику хімічної, фізичної та біологічної природи, а також фактори ризику трудового процесу (тяжкість, інтенсивність і монотонність праці).

При визначенні рівня професійного ризику оцінка умов праці на робочих місцях за гігієнічними критеріями є попередньою (носить прогнозний характер) і повинна доповнюватися оцінкою фактичного його впливу на стан здоров'я працівників з використанням статистичних показників рівнів професійної захворюваності і тяжкості їх наслідків.

Удосконалення методів з вимірювання впливу факторів ризику на працівника та якісного поліпшення організації роботи у

вказаній сфері слід доповнити більш глибоким вивченням стану здоров'я професійних груп працівників.

Слід зазначити, що в Україні, ще з часів СРСР практично до другої половини ХХ століття переважала доктрина «нульового ризику» для працівників, або «абсолютної безпеки» праці за умови досягнення нормативних значень факторів виробничого середовища.

Гігієнічні нормативи були і поки залишаються в Україні основним інструментом оцінки безпеки для здоров'я персоналу, зайнятого в умовах дії шкідливих виробничих факторів. Їх перевищення розглядається як порушення санітарного законодавства і застосовується як орієнтир для розроблення критеріїв прийняття рішень щодо захисту працівників за допомогою заходів соціального та економічного характеру: захист «часом» (скорочений робочий день і тиждень, достроковий вихід на пенсію, збільшена тривалість щорічної відпустки), доплати за шкідливі умови праці, надання лікувально-профілактичного харчування та інших пільг і компенсацій.

Міжнародний і вітчизняний досвід виявили безвихідність доктрини «Нульового ризику» [18, 19], оскільки вплив факторів професійного ризику може викликати порушення здоров'я працівників, навіть якщо вони знаходяться в межах нормованих величин. Крім того, в умовах реальної організації виробництва досягти безумовного дотримання нормативних значень факторів ризику – завдання, яке не в силах вирішити переважна більшість підприємств.

Акценти на вивчення окремих факторів професійних ризиків неминуче призводили до фрагментарної і недостовірної їх оцінки, схоластичного характеру їх нормування і малоефективних способів управління. Для подолання цих недоліків важливо перейти до вивчення ризиків на комплексній основі, що включає в себе нерозривний їх розгляд у двох взаємопов'язаних площинах:

- оцінка умов праці на основі аналізу факторів виробничого середовища: гігієнічні та психофізіологічні критерії факторів ризику;
- оцінка наслідків прояву професійних ризиків: медико-статистичні критерії ушкодження здоров'я через виробничо

обумовлену і професійну захворюваність і ступінь втрати працездатності.

Інша доктрина, яка отримала визнання на Заході наприкінці 60-х років минулого століття, виходить з тези про принципову неможливість повного виключення професійного ризику в процесі трудової діяльності і вимагає, з одного боку, оцінки та визначення рівнів «прийняттого ризику», а з іншого – вжиття заходів з виключення надмірного або «неприпустимого ризику» [7].

У літературі [10, 18, 19, 20] описані методики визначення професійного ризику.

Наприклад, у роботі [19] в якості показника професійного ризику шкоди здоров'ю використовується індекс профзахворювань I_{nz} :

$$I_{nz} = (K_p - K_m)^{-1}, \quad (3)$$

де K_p і K_m – категорії ризику і тяжкості профзахворювань.

Тяжкість запропоновано оцінювати по п'яти категоріях. За кількістю виявлених випадків профзахворювань виділено три категорії ризику (1-ша категорія – більше 10 % випадків, 2-га категорія – від 1 до 10 % випадків, 3-тя категорія – до 1 % випадків). У поданому вигляді I_{nz} відображає імовірнісну міру ризику, ступінь тяжкості захворювання і можливі їх комбінації.

Недоліком даного підходу є довільне групування випадків профзахворювань за категоріями ризику, внаслідок чого в окремих професійних групах оцінка ризику зазнає труднощів, що зумовлені, як правило, невеликою чисельністю цих груп, де кожен випадок профзахворювання може мати істотне значення.

Методологічний підхід В.Д. Роїка [21] передбачає поєднання натуральних і вартісних показників, які взаємно доповнюють один одного. В якості основних натуральних показників оцінки професійного ризику для цілей соціального страхування розглядаються частота і тяжкість виробничого травматизму, частота, нозологія і тяжкість професійних захворювань, ступінь втрати працездатності (тимчасової та постійної, часткової або повної). Втрату працездатності оцінюють таким чином: повна втрата працездатності і смертельний

наслідок -100 %, 6000 люд. днів; часткова втрата (у відсотках до повної) – 90 %, 5400 люд. днів; 10%, 600 люд. днів.

Вартісну оцінку професійного ризику на рівні галузей економіки запропоновано виконувати за формулою

$$K_{np} = \sum (B + Z_l + Z_p) \cdot 1000 / (ЗП), \quad (4)$$

де K_{np} – клас професійного ризику у вартісній оцінці;

B – сума компенсацій втрати заробітку працівників за останні п'ять років внаслідок виробничого травматизму і професійної захворюваності;

Z_l – сума витрат, пов'язаних з лікуванням потерпілих на виробництві за останні п'ять років;

Z_p – сума витрат, пов'язаних з реабілітацією потерпілих на виробництві за останні п'ять років;

$ЗП$ – сума заробітної платні застрахованих працівників за останні п'ять років;

1000 – коефіцієнт перерахунку, що враховує стандартизовану кількість працівників [17].

У Росії запропоновано методику, відповідно до якої клас професійного ризику галузей економіки визначається за величиною показників $K_{сум}$:

$$K_{сум} = aK_{чнс} + bK_{чпз} + cK_{чсм}, \quad (5)$$

де $K_{чнс}$ – коефіцієнт частоти травматизму в галузі на 1000 працівників;

$K_{чпз}$ – коефіцієнт частоти професійних захворювань у галузі на 10000 працівників;

$K_{чсм}$ – коефіцієнт частоти травматизму зі смертельним наслідком у галузі на 1000 працівників;

$$a = (0,06 + 0,004(m_{нс} / n_{нс})), \quad (6)$$

де $m_{нс}$ – кількість днів непрацездатності, обумовлених нещасними випадками;

$n_{нс}$ – кількість потерпілих внаслідок нещасних випадків;

$$b = 0,065; c = 2,4.$$

Коефіцієнти a, b і c характеризують деякі вартісні еквіваленти витрат, пов'язаних з травматизмом і профзахворюваністю, проте не диференційовані по галузях економіки [19].

Підхід до оцінки ризику виникнення професійних захворювань від дії хімічних речовин розроблений С.М. Новіковим [22]. Дана методика заснована на таких вихідних положеннях:

- небезпека для здоров'я, обумовлена перевищенням $ГДК_{с0}$ (середньодобових), може бути оцінена на основі аналізу залежності ризику і ваги ефектів від рівнів впливу у всьому діапазоні ефективних концентрацій: від смертельних до граничних чи максимальних недіючих. Мірою умовного ризику (R) є деяка функція від імовірності появи ефекту визначеного ступеня ваги;

- небезпека для здоров'я, викликана впливом i -го забруднювача, має статичну (логарифмічну) залежність від рівнів чи впливу ступеня перевищення $ГДК_{с0}$:

$$R_i = \text{blg}(C_i / ГДК_{с0}) \text{ або } R_i = a + \text{blg}(C_i), \quad (7)$$

де C_i – фактична концентрація i -го забруднювача;

$$a = -\text{lg}(ГДК_{с0});$$

b – показник кута нахилу залежності "концентрація-умовний ризик", що інтегрально характеризує небезпеку, пов'язану з перевищенням концентрації ГДК;

- ступінь зростання небезпеки при перевищенні $ГДК_{с0}$ визначається кутом нахилу залежності ризику від рівнів впливу (тобто величиною b);

- небезпека для здоров'я, обумовлена перевищенням ГДК, не залежить від існуючих класів небезпеки і повинна оцінюватись з урахуванням індивідуальних характеристик кожної речовини;

- зі збільшенням тривалості впливу ризик і вага ефектів або зростають, або залишаються на рівні, що спостерігався при вихідному часі експозиції даної концентрації.

За 0-й рівень відносного ризику ($R = 0$) запропоновано приймати ефекти дії хімічної речовини в концентрації, що не перевищує $ГДК_{с0}$.

У методиці А.В. Фомочкіна [9] професійний ризик R , обумовлений рівнем виробничого травматизму і аварійності, пропонується оцінювати за таким співвідношенням:

$$R = r_1 r_2 r_3, \quad (8)$$

де r_1 – коефіцієнт, що залежить від частоти травматизму;

r_2 – коефіцієнт, що залежить від тяжкості травматизму;

r_3 – коефіцієнт, що відображає матеріальні наслідки пригод.

Для кількісного визначення рівня професійного ризику складено відносні десятибальні шкали оцінки зазначених показників. Додатково до показника R запропоновано за розробленою методикою через оцінку в балах НШВФ визначати інтегральний показник умов праці I_k . Для визначення класу професійного ризику K_p підприємства необхідно оцінку професійного ризику, зумовленого виробничим травматизмом і аварійністю R , зіставити з інтегральною оцінкою умов праці I_k працівників конкретного підприємства. Перевагою запропонованого підходу є встановлення зв'язку ризику пошкодження здоров'я працівників зі станом умов праці. Недоліком є суто суб'єктивний характер шкал, який не супроводжується будь-яким обґрунтуванням.

За описаною в роботі [23] методикою А.Н. Невського клас професійного ризику визначається за формулою

$$K = ((K_{чнс})_{нс} + (K_{чсм})_{см} + (K_{чнз})_{нз}) / 230, \quad (9)$$

де $K_{чнс}$, $K_{чсм}$, $K_{чнз}$ – коефіцієнти частоти нещасних випадків з втратою працездатності на один день і більше, з летальним результатом і профзахворювань відповідно;

$K_{тнс}$, $K_{тсм}$, $K_{тнз}$ – тяжкість нещасних випадків з втратою працездатності на один день і більше, з летальним наслідком і профзахворювань відповідно.

У методичному плані оцінки професійного ризику запропонований підхід

враховує цілий аспект, пов'язаний з урахуванням не тільки традиційно прийнятої тяжкості нещасних випадків, але також тяжкості умовно смертельних нещасних випадків і професійних захворювань.

Постановою Кабінету Міністрів України від 8 лютого 2012 р. № 237 затверджено Порядок визначення класу професійного ризику виробництва за видами економічної діяльності, який базується на розрахунках інтегрального показника $I_{ггг}$:

$$I_{ггг} = (ВФ_{ггг} / ВОП_{ггг}) \cdot 100, \quad (10)$$

де $ВФ_{ггг}$ – загальна сума видатків відповідної страхової галузевої сукупності видів економічної діяльності, пов'язаних із забезпеченням страхування, за попередні три роки;

$ВОП_{ггг}$ – розмір фонду оплати праці, на який нараховується єдиний внесок, відповідної страхової галузевої сукупності видів економічної діяльності за попередні три роки.

Значним недоліком такого підходу є те, що він спирається лише на економічні

показники і не враховує багато інших значень, які би мали увійти до інтегрального показнику.

Висновки. Проаналізовано методики і принципи оцінки та класифікації умов праці, застосовувані у світовій практиці.

Описано існуючі підходи до оцінки професійного ризику в промисловості в Україні і у світовій практиці. Виявлена потреба в нових методах прогнозу професійного ризику на основі аналізу показників виробничо обумовлених і професійних захворювань. Особливо затребуваною є інтегральна оцінка професійного ризику з одночисловим показником, що дозволяє ранжувати умови праці, важкість і напруженість трудового процесу в окремих професіях, цехах, виробництвах.

Наведений огляд існуючих методик оцінки дії шкідливих факторів показав, що вони не можуть бути задіяні для врахування комплексного впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища в машинобудуванні, тому в даному напрямку необхідне проведення подальших досліджень з метою розроблення прийнятної методики оцінки комплексного впливу виробничих факторів.

Список використаних джерел

1. Гунченко, О.М. Удосконалення системи управління охороною праці на машинобудівельних підприємствах [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / О.М. Гунченко // Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2007. – 20 с.
2. Загальнодержавна соціальна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 рр. [Електронний ресурс]: затв. 4 квітня 2013 р. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/178-18>.
3. Fragala, G.A. Modern Approach to Injury Record Keeping [Text] / G.A. Fragala // Professional Safety. – 1983. – № 1. – 19 p.
4. Saari, Q. Introductory Report on Methods for Accident Risk Analysis [Text] / Q. Saari // Analysis of the Risk of Accident Work: Methods and Applications. – Ottawa, 1983. – P. 77–79.
5. Russel, M. Risk assessment in Environmental policy-making [Text] / M. Russel, M. Gruber // Science. – 1987. – P. 286 - 290.
6. Moghissi, A.A. Methodology for environmental human exposure and health risk assessment [Text] / A.A. Moghissi, R.E. Narland, F.J. Congel, K.F. Eckerman // Dyn. Exposure and Hazard Assessment Toxic chem. Ann Arbor. – Michigan, 1980. – P. 471–489.
7. Sathra, S.S. Occupational health: Risk assessment and management [Text] / S.S. Sathra, K.G. Rampal // Blackwell Science Ltd. – 1999. – 492 p.
8. Kunreuther, H.A. Decision-Process Perspective on Risk and Policy Analysis [Text] / H. Kunreuther, J. Linnerooth, J. Vaupel // Management Science. – 1984. – № 4. – P. 475-485.
9. Фомочкин, А.В. Анализ условий труда с применением интегрального показателя / А.В. Фомочкин // Новые материалы и технологии: материалы Рос. науч.-техн. конф., 3-4 нояб. 1994 г.,

г. Москва; Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского. – М.: МГАТУ, 1994. – С. 54.

10. Профессиональный риск для здоровья работников [Текст]: руководство / под ред. П.Ф. Измерова. – М.: Тривант, 2003.- 448 с.

11. Горбань, В.С. Особенности совместного действия шума, локальной вибрации и нагревающего микроклимата на организм горнорабочих глубоких шахт [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 14.00.07 / В.С. Горбань // НИИ гигиены труда и профзаболеваний. — К.: Изд-во НИИГТП, 1989. — 21 с.

12. Пономаренко, А.Н. Изучение совместного влияния атмосферных загрязнителей и производственных вредностей металлургических предприятий на заболеваемость населения как основа разработки комплекса профилактических мер [Текст]: дисс. ... канд. мед. наук / А.Н. Пономаренко. — К., 1992. — 163 с.

13. Суржиков, В.Д. Гигиенические основы оценки риска нарушения здоровья различных групп населения под влиянием атмосферных загрязнений [Текст]: дисс. ... д-ра мед. наук / В.Д. Суржиков. — М., 1994. — 250 с.

14. Муратова, С.Ю. Моделирование техногенного воздействия на здоровье и продолжительность жизни человека для систем поддержки принятия решений [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / С.Ю. Муратова. — М., 2000. — 131 с.

15. Измеров, Н.Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль [Текст] / Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов. – М.: Медицина, 2003. – 560 с.

16. Потоцкий, Е.П. Анализ совокупного влияния вредных производственных факторов на заболеваемость персонала [Текст] / Е.П. Потоцкий, О.В. Новиков // Безопасность и жизнедеятельность. - 2004. - № 5. - С. 14 – 21.

17. Измеров, Н.Ф. Профессиональная заболеваемость [Текст] / Н.Ф. Измеров, Н.В. Лебедев. – М.: Медицина, 1993. – 224 с.

18. Сисев, В.А. Гигиеническая оценка воздействия шума и толуола на работающих в авиастроительной отрасли [Текст]: автореф. дисс. ... канд. мед. наук : 14.00.07 / В.А. Сисев // ФНЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана МЗ РФ. — М., 2004. — 23 с.

19. Соколов, Э.М. Совершенствование охраны труда на основе концепции профессионального риска [Текст] / Э.М. Соколов, В.В. Ветров. – Тула, 1999. – 108 с.

20. Кучерский, Р.А. Гигиенические условия труда в электросталеплавильных цехах и их оздоровление [Текст] / Р.А. Кучерский, Е.Ф. Медведева // Охрана труда и техника безопасности в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1975. – № 3. – С. 36-43.

21. Роик, В.Д. Оценка профессионального риска [Текст] / В.Д. Роик // Охрана труда и социальное страхование. – 1997. – № 20. – С. 41-49.

22. Козловська, Т.Ф. Шляхи визначення ризику виникнення професійних захворювань на підприємствах важкої промисловості [Текст] / Т.Ф. Козловська // Екол. безпека. – 2009. – № 4. – С. 37-42.

23. Невский, А.Н. Методики определения профессионального риска [Текст] / А.Н. Невский // Безопасность труда в промышленности. – 1997. – № 12. – С. 39-43.

Рецензент д-р техн. наук, профессор Є.С. Альошинський

Козодой Наталія Володимирівна, аспірант кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля Контактний тел.: 066-250-8761. E-mail: NVK_78@ukr.net

Natalia Kozodoy, postgraduate student of Department of labour safety and safety living of Eastern Ukrainian National University of the name V. Dal'. Contact tel.: 066-250-8761. E-mail: NVK_78@ukr.net.

**АВТОМАТИКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
РУХОМ ПОЇЗДІВ**

УДК 681.518.5:656.2

**ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ХОДОВИХ ЧАСТИН РУХОМОГО СКЛАДУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Магістрант К.І. Губанов

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Магистрант К.И. Губанов

DIAGNOSIS TECHNICAL STATE COIL RAILWAY ROLLING STOCK

Undergraduates K.I. Hubanov

Проведено огляд та аналіз причин виникнення пошкоджень колісних пар. Наведено існуючі методи і технічні засоби контролю стану окремих вузлів рухомих одиниць. Основна увага приділяється контролю стану колісних пар, як найбільш вагомим елементів, що забезпечують безпеку руху поїздів. Для контролю стану колісних пар як найбільш перспективний обрано метод так званої ударної діагностики.

Ключові слова: діагностування стану колісних пар, дефекти поверхні кочення колісних пар, овальність та повзун колеса, пункт дефектоскопії.

Проведен обзор и анализ причин возникновения поврежденных колёсных пар. Приведены существующие методы и технические средства контроля состояния отдельных узлов подвижных единиц. Основное внимание уделено контролю состояния колёсных пар, как наиболее важных элементов, обеспечивающих безопасность движения поездов. Для контроля состояния колёсных пар как наиболее перспективный выбран метод так называемой ударной диагностики.

Ключевые слова: диагностирование состояния колесных пар, дефекты поверхности катания колесных пар, овальность и ползун колеса, пункт дефектоскопии.

A review and analysis of the causes of damage wheelsets. Presents current methods and technical means of verification status of individual units of mobile units. Focuses on the condition monitoring of wheelsets, as the most important elements to ensure traffic safety. To monitor the status of wheelsets, yak most promising method is selected shock diagnosis. Most existing methods of diagnosing the rolling surface of wheels require slowing down and have a complex technical execution. Shock diagnosis allows using software analysis to simplify the structure of ground equipment and do not impose any requirements for the operating conditions of rolling stock and railway technology. Such a method of diagnosis will minimize Time Spent rolling stock at the station for inspection. In addition, increased quality control due to the high metrological performance and eliminate the human factor influence on the measurement results.

Keywords: diagnosis of the state of wheelsets, surface defects riding wheelsets, roundness and slide wheel point inspection.

Вступ. З підвищенням швидкості руху поїздів зростають вимоги до технічного стану колії і рухомого складу. У той же час ситуація на ринку транспортних послуг не дозволяє збільшувати витрати на технічне обслугову-

вання (ТО) рухомого складу. У зв'язку з цим необхідно забезпечити його ефективну експлуатацію без зниження рівня безпеки руху.

Постановка проблеми. Робота рухомого складу в системі «колесо – рейка» пов'язана зі

значним зносом обох компонентів, проте більшою мірою це стосується коліс [1, 6]. У ході експлуатації погіршуються геометрія колеса, якість його матеріалу і стан поверхні кочення, при підвищенні швидкості руху, навантаженні від кузова на візки рухомого складу знижуються плавність ходу, і, як наслідок, рівень безпеки руху. Це вимагає розроблення та впровадження автоматичних систем комплексного діагностування стану рухомого складу, що функціонують без порушення технологічного процесу руху поїздів.

Аналіз досліджень і публікацій. На ТО і ремонт колісних пар зараз припадає 30 % всіх витрат служби вагонного господарства. У більшій частині випадків ці витрати спрямовані на відновлення профілю поверхні кочення або заміну зношених і пошкоджених колісних пар [2].

У сучасних реаліях автоматизація виявлення дефектів рухомого складу в процесі його експлуатації має дуже велике значення. Візуальний метод є дуже неефективним. Значні витрати часу на вимір зносу вручну визивають тривалі простої вагонів. Деякі пошкодження, наприклад повзуни, овальності колеса, неможливо виявити без руху вагона. Візуальний контроль несе в собі дуже малу інформативність про технічний стан колісної пари через складність побудови ходової частини рухомих одиниць. Автоматизація дозволяє проводити виміри набагато точніше і швидше, а також дає змогу більш пильно ставитись до планування графіків ТО, проводити ремонт ходових частин рухомого складу за поточним станом [3].

Мета роботи. Нині існує необхідність автоматизувати процес діагностування технічного стану залізничного рухомого складу та збільшити кількість вимірювальних контрольних параметрів з метою підвищення безпеки руху поїздів при скороченні часу простою вагонів на станціях. Оптимальним рішенням для цього є діагностування рухомого складу в процесі руху поїзда без порушень технології перевізного процесу. У роботі проводиться аналіз існуючих методів виявлення пошкодження колісних пар і їх відповідність сучасним вимогам експлуатації.

Причини виникнення пошкоджень колісних пар. Виникаючи при коченні сталі об сталь статичні і динамічні сили взаємодії між

рухомим складом і колією передаються через зону контакту, площа якої складає близько одного квадратного сантиметра. У цій зоні виникають контактні навантаження, величина яких може перевищувати значення плинності металу [4, 5].

На першому етапі процесу зносу відбувається зміцнення зони контакту в результаті наклепання. При подальшому збільшенні кількості циклів навантаження можливі явища втоми металу. У результаті накоплення навантаженості відбувається поступове руйнування металу, можливе його викришування в деяких місцях. Прикладами таких пошкоджень є сітка поверхневих тріщин на головці рейок і вищерблення металу на поверхні кочення коліс.

Повзуни в зонах теплової дії з'являються в результаті буксування та проковзування колісних пар. У цих зонах при вказаних явищах температура здебільшого перевищує 800 °С, що викликає аустенітні перетворення в колісній сталі з виникненням відносно м'якої високотемпературної фази, яка не зможе витримати важкі експлуатаційні вагові та ударні навантаження, що сприяє появі протягом експлуатації рухомого складу повзунів. Повзуни, якщо вони не видалені при обточці коліс, обумовлюють підвищення динамічних навантажень на буксові вузли колеса і рейки, зумовлюють їх передчасне пошкодження.

Коли буксування або проковзування припиняється, аустеніт швидко охолоджується і, якщо швидкість охолодження велика, перетворюється в мартенсит, структуру тверду і крихку. При цьому тріщини в металі виникають при мартенситному перетворенні внаслідок екстремально великих навантажень. Тріщини, якщо їх не видалити при перепрофілюванні коліс, розповсюджуються, викликаючи раковини, вибоїни, а в крайніх випадках і злам колеса.

У процесі кочення колеса по рейці тріщини збільшуються і з'єднуються. Лусочки металу можуть деформуватися і зрушуватись зі взаємним перекриттям. Це призводить до вищерблення і розтріскування поверхні кочення. Дефекти поверхні кочення сприяють підвищенню динамічних ударних навантажень на колесо, що призводить до передчасного руйнування ходових частин рухомого складу.

Методи визначення дефектів поверхні кочення колісних пар. Значні витрати на ручний вимір дефектів колісних пар, а також простої рухомого складу змушують проводити ці роботи зі значними витратами часу. Автоматизація дозволяє виконувати виміри за дуже незначний часовий проміжок. При цьому забезпечується точність вимірів і можливість планування ТО. Важливим також є здійснення таких вимірів під час руху поїзда на ділянці наближення до станції без порушення технології перевізного процесу.

Контроль коліс з метою визначення овальності і повзунів є однією з основних вимог забезпечення безпеки руху, особливо для швидкісних поїздів. Овальність колеса може стати причиною пошкоджень колії або ходових частин рухомого складу, зниження плавності ходу і небезпеки сходу з рейок.

Існує декілька видів автоматизованого контролю стану колісних пар. Серед них найбільше розповсюдження отримали такі системи, як «ARGUS» (розробка німецької компанії «Hegenscheidt-MFD»), «ДИСК-К», системи безконтактного контролю «TreadView»

(Велика Британія), «WPMS» (Австралія), «WheelSpec» (США).

Вимірююча система «ARGUS» діагностує стан коліс по поверхні кочення у рейкового рухомого складу під час руху [6]. Установка довжиною 20 м працює в депо «Берлін-Руммельсбург». Принцип виміру механічний, заснований на тому, що вершина гребеня не зношується, а тому відхилення від норми висоти гребеня ідентичне відхиленню кола кочення колеса від ідеального кола і несе в собі інформацію про значення некругlostей і глибину повзунів. Використовується вимірююча балка, опусканню якої при натисканні на нею вершиною гребеня протидіє тиск стиснутого повітря (рис. 1). Вертикальний хід балки при коченні колеса вимірюється електромеханічним датчиком. Сигнал з датчика передається в ЕОМ, де він обробляється і реєструється як зміна ходу балки мінімум за один оберт колеса (рис. 2). На заключному етапі виміряні параметри перераховуються для вимог, коли поверхня колеса і вимірювана балка ідеально рівні.

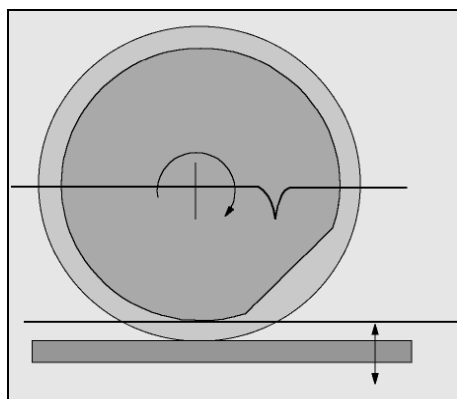


Рис. 1. Визначення висоти гребеня за допомогою вимірюючої балки

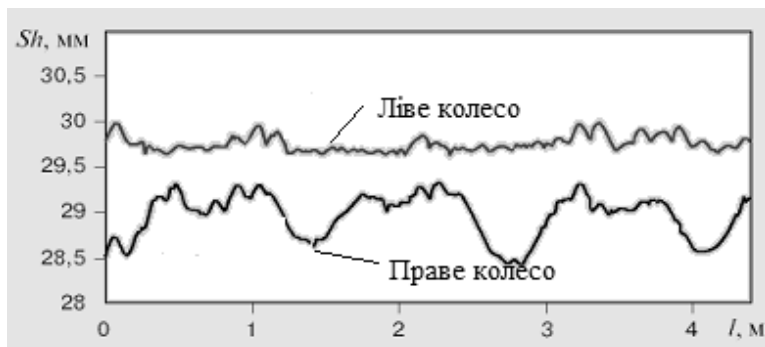


Рис. 2. Зміна висоти гребеня по колу кочення: $Sh, \text{мм}$ – висота гребеня; $L, \text{м}$ – розгортка колеса за вершиною гребеня

Таким чином, коливання вимірних значень будуть відображувати лише зміни висоти гребеня колеса. За кривою зміни висоти гребеня за один оберт визначається наявність некругlostей або повзуна.

Незважаючи на те, що даний метод є надійним і достовірним, він є застарілим, оскільки використовується контактний метод вимірювання. А це у свою чергу вимагає

додаткових обмежень, таких як швидкість руху, вимоги до профілю і плану колії, якості поверхні головки рейки.

Апаратура «ДИСК-К» призначена для виявлення дефектів поверхні кочення колісних пар під час руху поїзда. Внаслідок ударів колеса з дефектами по рейці в ній виникають прискорення, які вимірюються п'єзоелектричними датчиками (п'єзоакселерометрами).

Вони перетворюють динамічну дію колеса на рейку в електричний сигнал (рис. 3).

Системи, що працюють за принципом безконтактного оптичного виміру, дозволяють виявляти дефекти колеса задовго до того, як вони можуть стати причиною аварії. Перевага таких систем – можливість проведення вимірів при поточній швидкості руху поїзда. Недоліки пов'язані з тим, що освітлення поверхні колеса в косих пучках при нахлонному падінні скануючого лазерного проміння на поверхню

колеса призводять до появи додаткових завад, які зумовлені зміною кута падіння проміння, і, як наслідок, до виникнення дотикових помилок виміру. На точність виміру впливає сонячне світло. Частково було вирішено цю проблему встановленням фільтрів з вузькою полоскою пропускання. Для виключення можливих помилок, що виникають при освітленні поверхні колеса під кутом, необхідно змінювати геометрію рейки, що впливає на її міцність.

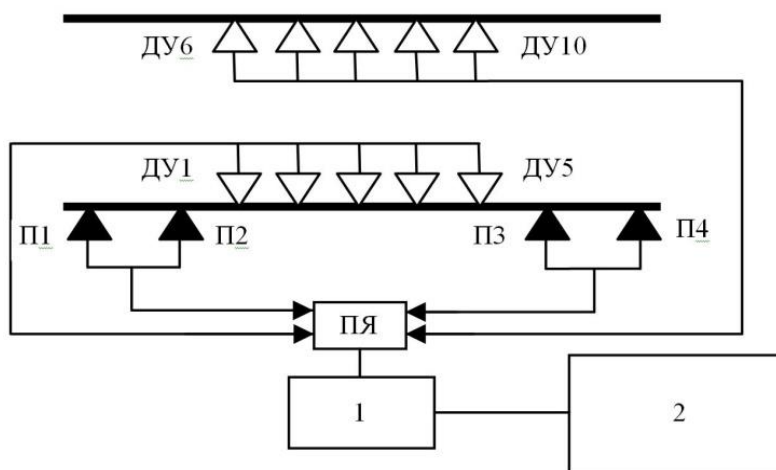


Рис. 3. Структурна схема апаратури «ДИСК-К»:
1 – постова апаратура; 2 – станційна апаратура

Як приклад, у системі «EVA» для компенсації модифікації рейки, спричиненої розміщенням лазера і камери, застосовують додаткові направляючі і захисні елементи. Однак при такому підході також потрібно зниження швидкості руху поїзда на ділянці контролю.

Система «WISE» об'єднує в собі модулі визначення дефектів колеса і виміру прокату й овальності. Принцип дії модуля визначення дефектів засновано на використанні електромагнітних ультразвукових датчиків. Перший датчик генерує хвилю, яка розповсюджується у поверхневому шарі колеса і обігає його по колу. При цьому параметри хвилі визначаються за умови її проникнення в колесо і чутливості до дефектів. Відбитий від дефекту сигнал приймається другим датчиком.

Діагностування поверхні кочення за звуком під час руху. Розглянуті методи проведення автоматизованого контролю стану колісних пар мають як переваги, так і недоліки,

тому не можна однозначно віддати перевагу якомусь з них. При цьому, крім складності пристрою, точності вимірів і вимог до обмеження швидкості, потрібно враховувати і вартість розроблення, вимоги до технічного обслуговування, періодичність метрологічних перевірок і тестових випробовувань [7].

Незмінним залишається те, що пошук дефектів поверхні кочення колеса повинен бути неперервним автоматизованим процесом без втручання людини в процес діагностування. Це пов'язано з тим, що під час огляду людиною колеса, залишається неоглянутою значна частина поверхні колеса, особливо у пасажирських вагонів.

Переміщення колеса по рейках супроводжується звуком. Під час руху по рівній ділянці колії ідеальної колісної пари звук від руху буде мінімальним. Але на практиці ідеальні випадки практично не трапляються, деякі колеса мають овальність, відмінність діаметрів, повзуни. Тому навіть на прямій

ділянці колії будуть спостерігатися незначні проковзування коліс, що мають менший діаметр, повзуни, викришування поверхні кочення коліс, що є причиною виникнення звуків. При набігу колеса, який має дефект поверхні кочення, на головку рейки відбувається зіткнення контактуючих поверхонь, яке супроводжується звуком.

Існує система визначення дефектів поверхні кочення коліс, що використовує акустичний метод, який дозволяє проводити аналіз шумів від кожної колісної пари окремо. Схема пункту акустичного контролю подана на рис. 4.

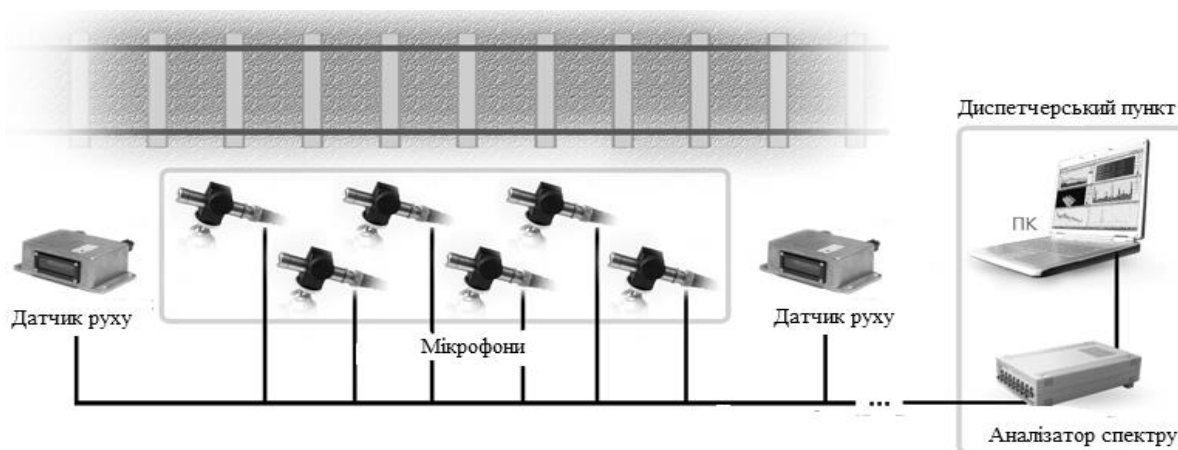


Рис. 4. Структурна схема пункту дефектоскопії

У такій системі ділянка дефектоскопії являє собою відрізок залізничного полотна, поблизу якого згідно з габаритом наближення будівель розміщено датчики руху, що синхронізують роботу мікрофонів, які перетворюють звуковий тиск в електричний сигнал (рис. 5). Мікрофонні датчики підключаються до аналізатора спектра, який знаходиться в приміщенні диспетчерського пункту, персональний комп'ютер розміщено в приміщенні оператора. Багатофункціональний аналізатор спектра призначений для виміру параметрів спектральних складових сигналів.

Електричний потенціал з датчиків надходить на модуль збору даних, створений на основі аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Ця ланка є проміжною між датчиком і контролером, який виконує математичну обробку інформації і посилення команд керування. Модуль збору даних складається з кодека, який виконує попередню обробку і аналогово-цифрове перетворення сигналів. Дані в цифровому вигляді передаються цифровому сигнальному процесору і до лінії зв'язку для подальшої математичної обробки. У базовій станції комп'ютером здійснюється

подальша реалізація алгоритму контролю і відображення інформації про результати аналізу. Важливою складовою системи є програмне забезпечення. Програмний комплекс має можливості візуалізації, спектрального аналізу, виміру електричних параметрів, запису і відтворення сигналів, які надходять на вхід аналізатора спектра.

Таким чином, робота комплексу дефектоскопії колісних пар визначається тим, що за показанням датчиків переміщення встановлюється час проходження рухомого складу вздовж ланцюга акустичних датчиків, синхронізується система і за сигналами з мікрофонів виявляються шуми від коліс, за величинами яких зробляться висновки про результати контролю.

При виявленні повзунів можливе застосування технології обробки сигналів, що отримала назву амплітудного детектування. Цим методом імпульси від ударної дії рухомого складу на колію, обумовленої певними дефектами ходової частини рухомого складу, ефективно виділяються з широкого спектра несучих частот.

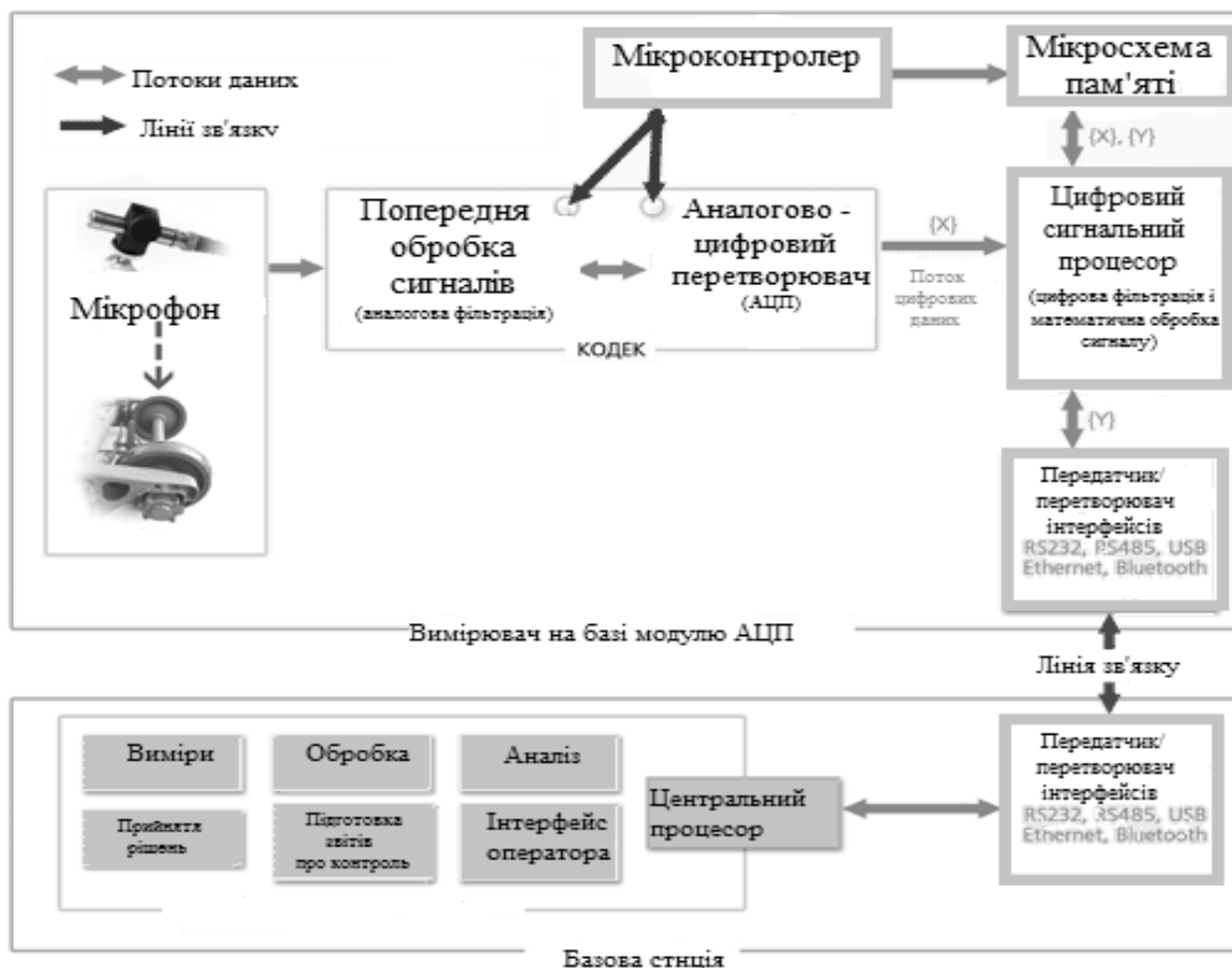


Рис. 5. Структурна схема вимірювальної системи

Модульоване коливання, що містить лише високочастотні складові, має несучу і бічні частоти. На виході ж повинна бути

отримана напруга з низькочастотним спектром переданого сигналу.

Колівання, промодульоване за амплітудою гармонічним сигналом (тонально модульоване коливання), має вигляд

$$u(t) = U_0 (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t, \quad (1) \quad u(t) = U_0 (1 + m \cos \Omega_t) \cos \omega_0 t,$$

де U_0 - амплітуда несучого коливання;
 m - глибина модуляції;
 Ω - частота низькочастотного сигналу;
 ω_0 - несуча частота.

Вираз (1) можна подати як

$$u(t) = U_0 \cos \omega_0 t + U_0 \frac{m}{2} \cos(\omega_0 + \Omega)t + U_0 \frac{m}{2} \cos(\omega_0 - \Omega)t \quad (2)$$

Зокрема шість схем, налаштованих на дефекти окремих видів, розпізнають

викришування і відшарування металу на зовнішньому, внутрішньому кільцях

підшипника і роликах, травлення, пошкодження шийки осі та ослаблення підшипника на осі.

Детектори з аналізатором кепстра. У пристроях на базі звичайних тензометричних датчиків і вимірювачів прискорювання обробка сигналів звичайно обмежена порівнянням фактично вимірних величин з заданими граничними, як це має місце, наприклад, при вимірі ударних навантажень від коліс з повзунами. Сумісна робота університету Флоренції й компанії Siliani Electronica ed Impianti (Італія) призвела до створення нового детектора повзунів коліс на базі п'єзоелектричного кабелю – дешевого і надійного пристрою типу вимірювального перетворювача для вимірювання й підсумовування вібрацій у всіх напрямках [8].

Для виділення вібрацій, викликаних повзунами, з усього спектра вібрацій у взаємодії колеса і рейки використовується аналізатор кепстра (кепстр – косинус-перетворення Фур'є логарифма спектра потужності). Таким методом можна розпізнати

дефекти коліс, що не піддаються виявленню традиційними методами. Система має додаткові переваги, вона електрично ізольована від рейки і тому захищена від завад з боку зворотних тягових струмів і струмів СЦБ, чутлива у всіх напрямках, а її характеристики не піддаються змінам протягом тривалого періоду.

Висновки. Більшість існуючих методів діагностування поверхні кочення коліс вимагають зниження швидкості, а також мають складне технічне виконання. Ударна діагностика дозволяє за допомогою програмного аналізу значно спростити структуру напільного обладнання, а також не висуває ніяких вимог для умов експлуатації рухомого складу і технології перевізного процесу.

Такий спосіб діагностування дозволить звести до мінімуму час знаходження рухомого складу на станції для проведення технічного огляду. Крім того, підвищується якість контролю за рахунок високих метрологічних показників та усунення впливу людського фактора на результати вимірювань.

Список використаних джерел

1. Марков, Д.П. Контактная усталость колёс и рельсов [Текст] / Д.П. Марков // Вестник ВНИИЖТ. – М.: ВНИИЖТ, 2001. – № 6. – С. 8-14.
2. Краушав, Ф. Колёса во взаимодействии с рельсами [Текст] / Ф. Краушав // Железные дороги мира. – 1998. – № 11. – С. 66-69.
3. Борзилов, І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики [Текст]: навч. посібник для ВНЗ. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Ч. 1. – 91 с.
4. Биттибаев, С.М. Некоторые вопросы оценки прочностной надёжности колёсных пар подвижного состава [Текст] / С.М. Биттибаев, С.К. Кулжанов // Вестн. Каз. акад. трансп. и коммуникаций. – 2006. – №2. – С.7-12.
5. Кассиди, Ф. Перспективные материалы для изготовления колёс [Текст] / Ф. Кассиди // Железные дороги мира. – 2002. – № 5. – С.40-41.
6. Диагностика технического состояния вагонов. Железнодорожные вагоны. Введение в дисциплину [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vagoni-jd.ru>.
7. Венедиктов, А.З. Бесконтактный контроль параметров колёсных пар [Текст] / А.З. Венедиктов // Железные дороги мира. – 2004. – №10. – С. 61-65.
8. Бойник, А.Б., Загарий Г.И., Кошевой С.В., Луханин Н.И., Поета М.В. Диагностирование устройств железнодорожной автоматики и агрегатов подвижных единиц [Текст]: учебник / А.Б. Бойник, Г.И. Загарий, С.В. Кошевой [и др.]. – Харьков: ЧП Издательство «Новое слово», 2008. – 304 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.І. Мойсеенко

Губанов Костянтин Ігоревич, магістрант Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ).

Gubanov Konstantin I., Undergraduate Teaching and Research Institute of retraining and advanced training of the Ukrainian State Academy of Railway Transport.

УДК 629.4

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ**

К.В. Косилов, канд. техн. наук О.О. Удовіков

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ**

К.В. Косилов, канд. техн. наук А.А. Удовиков

**STUDY OF AUTOMATIC MEASUREMENT PARAMETERS OF THE TONE FREQUENCY RAIL
CIRCUITS**

K.V. Kosylov, cand. of techn. science O.O. Udovikov

У статті наведено дослідження взаємного впливу вимірювальних елементів у системі автоматичного вимірювання параметрів тональних рейкових кіл. На підставі математичного моделювання процесів вимірювання доведено, що розраховані параметри елементів дозволяють уникнути небезпечних станів контрольованого об'єкта – тонального рейкового кола.

Ключові слова: автоматичні вимірювання, тональне рейкове коло.

В статье представлено исследование взаимного влияния измерительных элементов в системе автоматического измерения параметров тональных рельсовых цепей. На основе математического моделирования процессов измерения доказано, что расчётные параметры элементов позволяют избежать опасных состояний контролируемого объекта – тональной рельсовой цепи.

Ключевые слова: автоматические измерения, тональная рельсовая цепь.

In this article a mutual influence of the measuring elements of automatic measurement system for voice-frequency rail circuit is presented. A characteristic feature of the apparatus of track circuits tone is its centralized placement. This contributes to the creation of automated control systems and diagnostics of their parameters, which facilitates and accelerates maintenance. Important issue of practical application of such systems is to eliminate hazardous conditions in controlled facilities damaged circuits. The article analyzes the possible damage of switching equipment, such as combining electrical circuits receiving end. With the help of mathematical modeling of measurement proved that the given parameters of the measuring circuits dangerous situations excluded. Results of research to create new automated measurement systems for a wide range of facilities affecting traffic safety - track circuits, control circuits arrows and traffic lights, which are placed in centralized locations.

Keywords: automatic measuring, voice-frequency rail circuit.

Вступ. Тональні рейкові кола (ТРК) набувають усе ширшого розповсюдження на залізницях України як у перегонних, так і в станційних системах залізничної автоматики. Характерною особливістю їх застосування є здебільшого централізований варіант розміщення апаратури, що спрощує процеси технічного обслуговування і діагностування. При цьому виникають передумови до автоматизації вимірювання нормованих параметрів – значень напруг на виходах генераторів і фільтрів і на входах приймачів.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Аналіз останніх досліджень і публікацій. У наш час переважна частина операцій з вимірювання та діагностування параметрів ТРК має ручний характер [1]. Цей процес є досить трудомістким, а точність застосовуваних вимірювальних приладів і особливості їх роботи на частотах тонального діапазону не забезпечує високої достовірності результатів. У зв'язку з цим останнім часом здійснюються

дослідження і створюються системи автоматичного контролю нормованих параметрів ТРК для систем електричної централізації та автоблокування з централізованим розміщенням апаратури [2].

Ці системи мають єдиний вимірювальний орган на базі прецизійного аналого-цифрового перетворювача, до якого почергово під'єднуються джерела вимірювальних сигналів, а результати обробляються ЕОМ. Перемикання вимірювальних каналів здійснюється за допомогою контактних або безконтактних комутаторів, при цьому існує ймовірність небезпечних ситуацій у разі пошкодження такого комутатора. Наприклад, одночасне спрацювання двох каналів комутатора замість одного може спричинити

об'єднання виходів двох колійних приймачів, а це за деяких умов веде до хибної вільності рейкового кола.

Визначення мети і завдання досліджень. У зв'язку з цим виникає актуальне завдання дослідження можливостей забезпечення роботи автоматичної вимірювальної системи в разі пошкодженя її комутаційних елементів.

Основна частина дослідження. Еквівалентну схему підключення кіл контролю до блока контролю ТРК (БК ТРЦ) наведено на рис. 1, де ПП1-ПП10 – колійні приймачі, К1-К10 – комутатори, Тр1 – ізолюючий трансформатор. Вхідний опір БК ТРЦ становить близько 25 кОм і не впливає на функціонування приймачів.

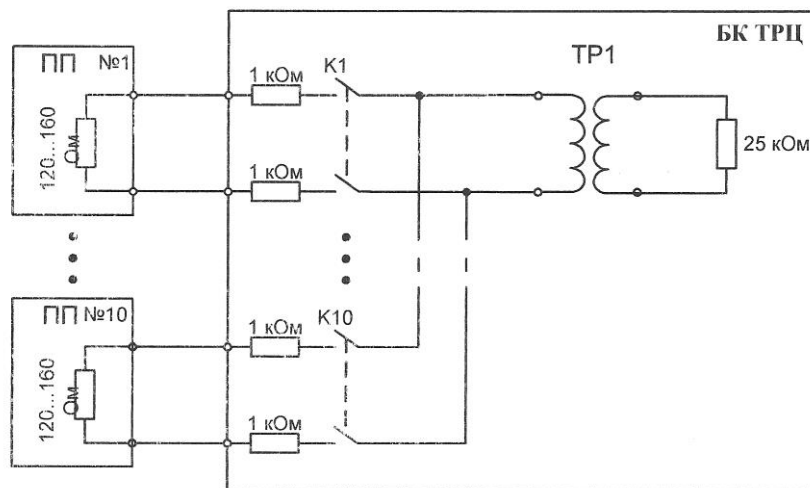


Рис. 1

Якщо з якоїсь причини стався пробій розімкнутих контактів комутаторів і приймач залишився підключеним до входу БК ТРЦ, можлива нештатна ситуація, при якій до входу може бути підключений ще один приймач і відбудеться замикання входів приймачів через розв'язувальні резистори опором 1 кОм. При цьому сигнали, що нештатно надійшли на входи приймачів, послаблюються розв'язувальними резисторами не менш ніж у 30 разів, що не може призвести до помилкового спрацювання приймачів. Еквівалентні схеми підключення ПП до БК ТРЦ, за якими проводилися дослідження, наведені на рис. 2.

ГПУ – колійний генератор з номінальною вихідною напругою, два резистори номіналами 51 Ом імітують лінію зв'язку, резистори 25 кОм імітують вхідний опір БК ТРЦ. На рис. 2, а показано відмову, при якій обидва приймачі ПП1 і ПП2 приєднані до загального входу, причому вхід ПП2 від'єднаний від лінії; на рис. 2, б вхід ПП2 приєднаний до лінії. На рисунках зазначено рівні діючих напруг ТРК, отримані за допомогою моделювання в середовищі MathLAB. Вихідні дані для моделювання отримані з роботи [4].

Часові діаграми сигналів для першого випадку наведено на рис. 3.

Часові діаграми сигналів для другого випадку наведено на рис. 4.

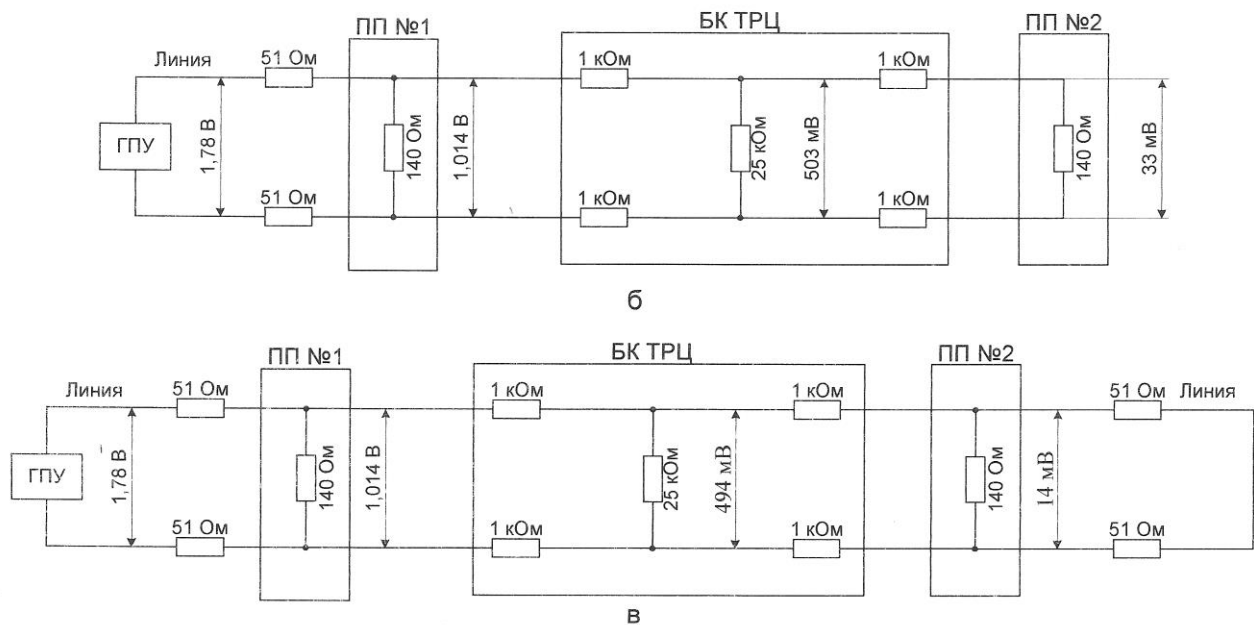


Рис. 2

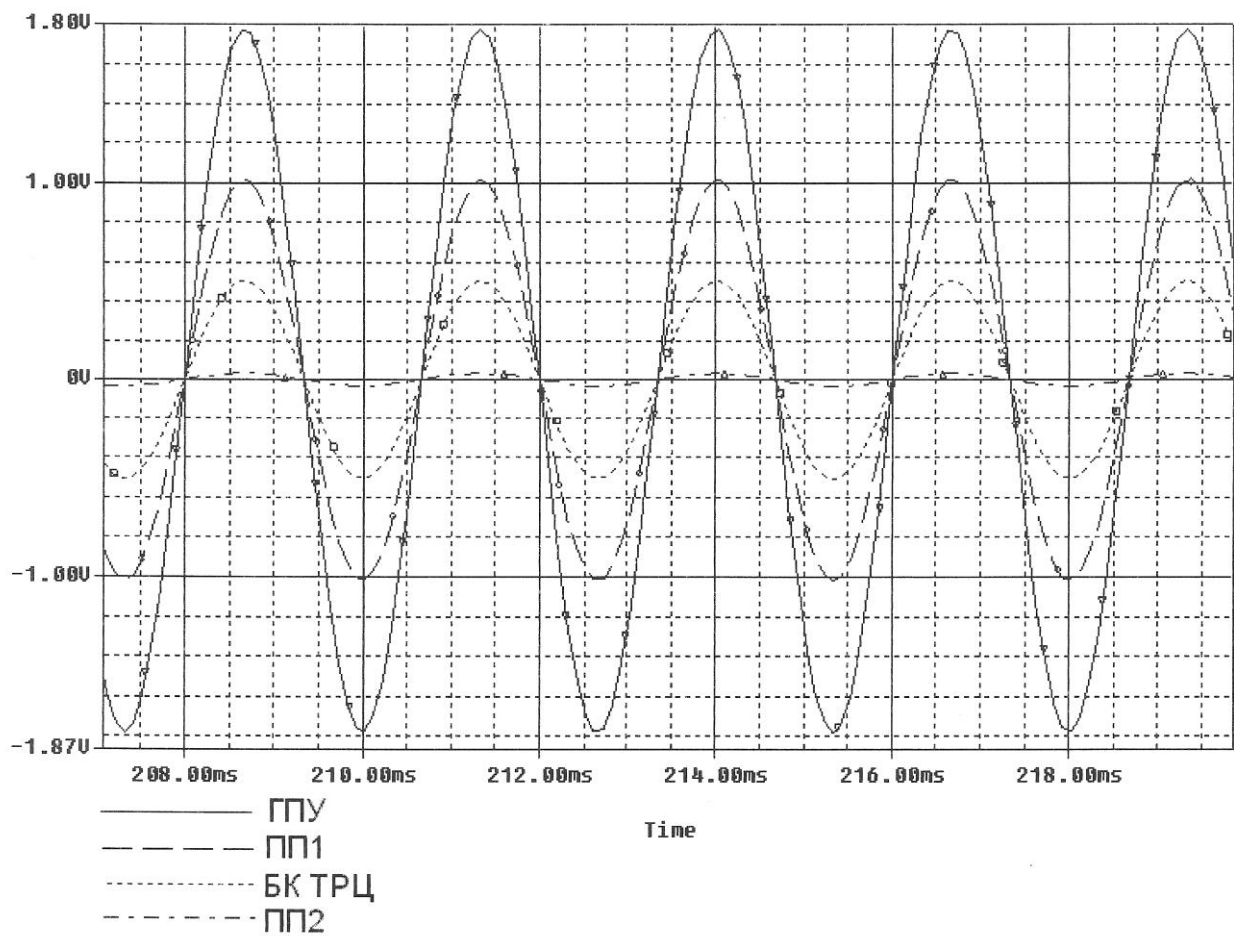


Рис. 3

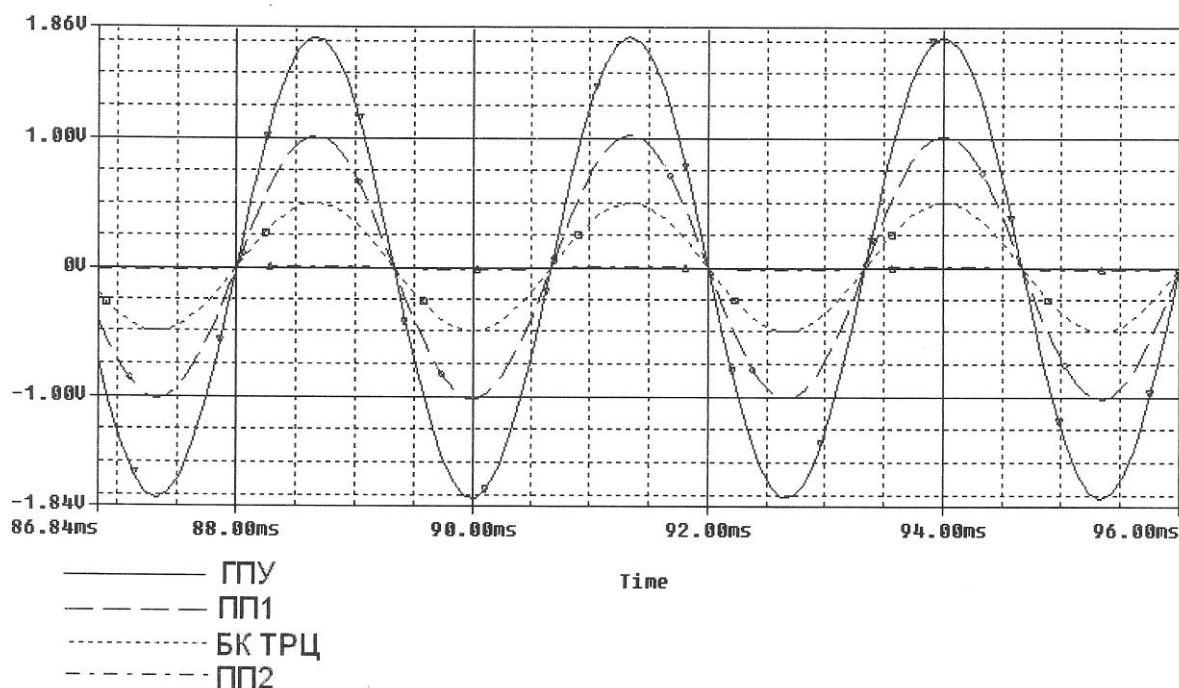


Рис. 4

Як видно з чисельних значень напруг, що отримані за результатами моделювання, відмова комутаційних елементів БК ТРЦ не може призвести до збою в роботі або відмови підключених до нього пристроїв ТРК.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. За допомогою математичного моделювання процесу функціонування вимірювальної

частини системи автоматичного вимірювання параметрів ТРК встановлено принципову неможливість виникнення небезпечних станів у разі пошкодження її елементів. Запропоновано конкретну схему вимірювань та розраховано її електричні параметри. Подальші дослідження мають на меті розроблення технічних рішень вимірювальної системи на підставі отриманих результатів.

Список використаних джерел

1. Воронин, В.А. Регулировка тональных рельсовых цепей на станциях [Текст] / В.А. Воронин, В.С. Лучинин // Автоматика, связь, информатика. – 2002. – №5. – С. 20-22.
2. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст]: справочник / В.С. Аркатов, Н.Ф. Котляренко, Т.М. Лебедева. – М.: Транспорт, 1993. – 262 с.
3. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, Б.А. Разумовский. – М.: Транспорт, 1982. – 526 с.
4. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, В.С. Милуков. – М.: Маршрут, 2002. – 634 с.
5. Дмитриев, В.С. Новые системы автоблокировки [Текст] / В.С. Дмитриев, В.А. Минин. – М.: Транспорт, 1981. – 216 с.
6. Дмитриев, В.С. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты [Текст] / В.С. Дмитриев, В.А. Минин. – М.: Транспорт, 1992. – 182 с.
7. Дмитренко, И.Е. Измерение и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / И.Е. Дмитренко, В.В. Сапожников, Д.В. Дьяков. – М.: Маршрут, 1994. – 260 с.

8. Федорчук, А.Е. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК-СЦБ) [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А.Е. Федорчук, А.А. Сепетый, В.Н. Иванченко. – Ростов-на-Дону, 2008. – 184 с.

9. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст]: учеб. пособие / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 282 с.

10. Сапожников, В.В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики [Текст] / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Х.А. Христов, Д.В. Гавзов. – М.: Транспорт, 1995. – 272 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.І. Мойсеєнко

Косилов Кирило Володимирович, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-12 ІППК УкрДАЗТ,
E-mail: kosiloffkv@gmail.com.

Удовіков Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматики та комп'ютерних систем телекерування, УкрДАЗТ, E-mail: eio@ukr.net

Kosylov Kyrylo Volodymyrovych, student of group M3-AT3-AKSURP, E-mail: kosiloffkv@gmail.com

Udovikov Oleksandr Oleksanrovych, cand. science, docent, department AT, Ukrainian State Academy of Railway Transport, E-mail: eio@ukr.net.

УДК 681.586.7:625.162

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРОЛЮ СТАНУ КОЛІЙНИХ ДІЛЯНОК НА СТАНЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ РАХУНКУ ОСЕЙ

Магістрант А.М. Нечаєв

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПУТЕВЫХ УЧАСТКОВ НА СТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СЧЕТА ОСЕЙ

Магистрант А.М. Нечаев

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF CONTROL STATE TRAVEL SITES FOR STATIONS USING METHOD AXLE COUNTING

Undergraduate A.M. Nechayev

Для залізничних станцій досліджена можливість гармонійного поєднання переваг систем контролю стану колійних ділянок методом рахунку осей та розгалужених тональних рейкових кіл накладання. Використання точкових колійних датчиків дозволяє усунути у горловинах по головному ходу ізолюючі стики. За допомогою розгалужених тональних рейкових кіл, що налаштовані на нормальний і контрольний режими функціонування, здійснюється контроль зламу рейок і кодування поїзних маршрутів сигналами АЛСН.

Ключові слова: *контроль зайнятості ділянок колії, метод рахунку осей, точковий колійний датчик, тональне рейкове коло, режим роботи рейкового кола, коефіцієнт чутливості до пошкодженої рейки.*

Для железнодорожных станций исследована возможность гармоничного сочетания преимуществ систем контроля состояния путевых участков методом счёта осей и разветвлённых тональных рельсовых цепей наложения. Использование точечных путевых датчиков позволяет убрать в горловинах по главному ходу изолирующие стыки. С помощью разветвлённых тональных

рельсовых цепей наложения, настроенных на нормальный и контрольный режимы функционирования, осуществляется контроль излома рельсов и кодирование поездных маршрутов сигналами АЛСН.

Ключевые слова: контроль занятости участков пути, метод счета осей, точечный путевой датчик, тональная рельсовая цепь, режим работы рельсовой цепи, коэффициент чувствительности к повреждению рельса.

For railway stations investigated the possibility of a harmonious combination of advantages condition monitoring systems track sections counting method branched axes and tonal overlay track circuits. Using point position encoders allows to remove the neck of the main entrance insulated joints. With branched tonal overlay track circuits tuned to normal modes of operation and control, are controlled kink rail train paths and coding signals ALSN. Use on the main rails neck station TC overlay allows connection points from the RC to the rail line to carry signals encoding ALSN more elongated sections. Upon liquidation of isolating joints decreases the amount of railroad equipment, reduced material costs for its maintenance due to "strengthen" the way physically (track structure) and electrically (for lack of a throttle - transformers and jumpers from them to the rails simplify sanitation conditions return traction current). Using TC overlay with a significant number of branches only for normal control modes and allows under simplified settings TC fix violation of the integrity of the rail line.

Key words: control employment sections of the track, the method of counting axles, track point sensor tone track circuit, operation of the track circuit, coefficient of sensitivity to damage the rail.

Вступ. Одним із стратегічних завдань, що стоять перед Укрзалізницею, є впровадження швидкісного руху поїздів, що передбачає впровадження ефективних систем керування таким рухом, які базуються на використанні сучасних інноваційних, інформаційних і супутникових технологій.

Постановка проблеми. У наш час можна виділити такі основні особливості експлуатаційно-технічного стану систем залізничної автоматики і телемеханіки (ЗАТ), що експлуатуються на залізницях України. Перша – високий ступінь вироблення технічного ресурсу апаратури, її моральне і фізичне старіння. Через це значно зростають експлуатаційні витрати на підтримку апаратури в працездатному стані. Друга особливість – використання енергетично малоефективних принципів побудови систем, апаратура яких має ще й велику матеріаломісткість в частині цінних кольорових, високоякісних електротехнічних і чорних металів.

Для забезпечення безперебійної та безпечної роботи швидкісних і звичайних поїздів виникає необхідність в отриманні достовірної та надійної інформації, що надається різними способами і джерелами. На залізничному транспорті сучасні засоби мікроелектроніки та цифрові методи перетворення інформації стали застосовуватися тільки в останні роки. Використання таких технологій істотно знижує матеріаломісткість

апаратури і вартість технічної реалізації функцій, покладених на системи ЗАТ. Тому сучасні та проєктовані види ЗАТ повинні бути принципово новими і мати перспективу на подальше еволюційне поліпшення характеристик.

Аналіз досліджень і публікацій. Основний елемент ЗАТ, що забезпечує контроль наявності поїздів на ділянках колії, – рейкові кола (РК). Вони володіють такими позитивними властивостями, як надійна, практично безпомилкова фіксація вільності та зайнятості колійних ділянок рухомим складом; автоматичний контроль цілісності рейкових ниток колії; автоматичне відновлення нормальної та безпечної роботи без спеціальних запам'ятовуючих пристроїв після вимкнення і подальшого вмкнення джерела живлення або при заміні апаратури та обладнання; безперервний безпосередній зв'язок між поїздами і станом колії і стрілок, а також низкою інших позитивних якостей.

Разом з тим РК мають ряд недоліків, що знижують їх експлуатаційно-технічну ефективність. Основними недоліками РК є: залежність роботи від стану верхньої будови колії (баласту, шпал, рейок, з'єднувачів та інших елементів) і кліматичних умов; погіршення шунтового ефекту при забрудненні поверхні рейок і колісних пар; значні витрати праці і коштів на технічне обслуговування та ряд інших недоліків.

Експертні оцінки фахівців показують, що відмови РК становлять близько 20 % всіх відмов пристроїв автоматики і телемеханіки. Причиною настільки високого відсотка відмов є той факт, що РК, як функціонально закінчений пристрій, складається з різних вузлів [1]. На надійність роботи РЦ впливають такі чинники [2]:

- кабелі, як функціональний вузол, що з'єднує входи і виходи РК з пристроями, що знаходяться на посту ЕЦ або в РШ. Станційні кабельні мережі РК великі по протяжності і піддаються механічним або електричним пошкодженням;

- пристрої узгодження та захисту (трансформатори, пристрої захисту від поперечних і поздовжніх перенапруг тощо), що встановлюються з боку живлячого і релейного кінців і рейкової лінії;

- апаратура РК підключена до рейок, тому піддається впливу грозових перенапруг, комутацій тягового струму або несиметричності його протікання по рейкових нитках;

- монтаж РШ і реле (трансмідерні й імпульсні), які піддаються відмовам;

- каналізація тягового струму, по суті, є обов'язком працівників дистанцій електропостачання. Однак контроль за виконанням належних норм опору рейкових ниток тяговому току лежить на господарстві сигналізації, централізації і блокування (СЦБ), а реалізують необхідні параметри опору ще й працівники дистанцій колії;

- довжини блок-ділянок (1...2,6 км) визначаються на основі тягових розрахунків рухомого складу при проектуванні. Однак часто подібні довжини РК не можуть бути практично реалізовані. Це обумовлено високою електричною провідністю ізоляції баласту і шпал, відносно низькою якістю обслуговування РК працівниками дистанцій колії;

- наявність на дільницях з електротягою дросель-трансформаторів (ДТ) і дросельних перемичок при використанні РК з ізолюючими стиками.

Мета роботи. Використання альтернативних рейковим колам методів контролю наявності поїздів на ділянках колії, що підвищують надійність роботи систем ЗАТ. Однак при цьому необхідно враховувати, що РК дозволяють реалізувати функцію автоматичної локомотивної сигналізації безперервного

типу (АЛСН). Альтернативні пристрої також повинні виконувати цю функцію.

Ліквідація РК сприятливо позначиться на техніко-економічних показниках залізниць, тому постійно ведуться роботи з удосконалення схем РК і створення пристроїв для їх заміни.

Дослідження впливу ізолюючих стиків на функціонування автоматичної локомотивної сигналізації. Завади виникають при проходженні локомотивом зон ізолюючих стиків (ІС), коли електромагнітний зв'язок ПК з рейковими нитками однієї ізолюваної секції зменшується і навіть зникає, а з рейковими нитками іншої секції збільшується [2]. Параметри таких завад неможливо визначити точно через нестаціонарність цього процесу і складність урахування усіх чинників, що впливають на їхні значення. Але знання параметрів цих завад є важливим для визначення інерційності системи АЛСН у цілому. Наявність збоїв у роботі АЛСН при проходженні зон ІС пов'язана із порушенням ритмічності надходження числового коду на приймальні пристрої АЛСН і наявністю адитивних завад від дії тягового струму, що протікає через перемичку між середніми выводами ДТ (див. таблицю).

Складові тягового струму в РЛ $i_{T1}(t)$, $i_{T2}(t)$ до ізостиків у загальному випадку відрізняються від складових тягового струму $i_{T3}(t)$, $i_{T4}(t)$ після ізостиків через випадковий характер асиметрії сусідніх РЛ (рис. 1).

Порушення у ритмічності надходження сигналів до ПК пояснюється такою послідовністю проходження ПК зони ізолюючих стиків:

- відсутність сигнального струму в рейках між точками підключення до них перемичок ДТ та ізостиками (ПК знаходяться над рейками, не охопленими струмовим шлейфом, праворуч від місця підключення перемичок ДТ, а перша колісна пара, що утворює із рейками струмовий шлейф, знаходиться від перемичок ДТ ліворуч);

- недостатній струм для АЛСН в наступному РК до шунтування його першою колісною парою локомотива (приблизно 1,5 м ПК переміщуються над наступним РК праворуч від ізостиків, а перша колісна пара – на попередньому РК ліворуч від ізостиків);

Автоматика та комп'ютерні системи управління рухом поїздів

– зміна фази струму АЛСН в суміжних РК – випадковий характер переривання повного циклу в попередньому РК, перехід ПК на суміжне РК, поновлення після перерви приймання сигналів АЛСН також випадково із будь-якого елемента числового коду наступного РК (характерно для перегінних РК);

– затримка приймання сигналів на час автоматичного відновлення чутливості приймача до номінальної після приймання в кінці попереднього РК (на живильному кінці) сигналів значного за рівнем струму АЛСН;

– затримка включення кодування в наступному РК, що працює без попереднього включення кодування.

Таблиця

Характеристика завад у системі АЛСН від проходження поїздом зони ізолюючих стиків

Джерело завад і причина їх виникнення	Характер завад	Кількісні, якісні характеристики завад		
		амплітуда	спектральний склад	тривалість
1 Відсутність сигнального струму між точками підключення перемичок живлячого кінця та ІС		Відсутність сигнальної інформації (≈ 1 м), тривалість залежить від швидкості руху поїзда		
2 Недостатній струм АЛСН над ПК в рейковому колі (РК) за ІС до шунтування його колісною парю		Протягом $\approx 1,5$ м, параметри завади залежать від швидкості руху поїзда		
3 Затримка (відсутність) приймання кодових сигналів на час відновлення чутливості приймача при проходженні ПК ізостиків (залежить від співвідношення рівнів струму суміжних РК)		10-кратне перевантаження сигнального струму (різке зменшення напруги з 3,5 до 0,28 В)	Не більше 1,5 с, не менше 0,6 с	
4 Зміна фази струму АЛСН в суміжних РК (на перегоні)	Несинхронна робота КПП суміжних РК. Виправляється протягом одного кодового циклу			
5 Струм через перемичку між середніми виводами ДТ при змінному тяговому струмі*)	Адитивні завади у вигляді імпульсів змінного струму	Не залежить від швидкості руху поїзда ($f = 50$ Гц)	Спектральний склад завади і тривалість імпульсів залежить від швидкості руху поїзда	
6 Струм через перемичку між середніми виводами ДТ при постійному тяговому струмі	Адитивні завади у вигляді двох різнополярних імпульсів постійного струму залежать від швидкості руху поїзда	Емпірично визначено і дорівнює $U(B) \approx \frac{v(\text{км/год})}{406}$	При 80 км/год основна енергія – у смузі до 20 Гц із максимальним значенням модуля огиальної на частоті 5 Гц. Тривалість 0,059 с на рівні 0,5, максимальна огиальна ЕРС = 0,925 В. При асиметрії підвісу ПК 5 % ЕРС = 5 В	
*) Примітка. За наявності зовнішньої перемички між середніми виводами ДТ і конструктивним розміщенням в одному корпусі ДТ одного осердя із основними і сигнальною обмотками.				

Найбільш складні умови роботи АЛСН спостерігаються при проходженні поїзда на підвищеній швидкості руху (більше 100 км/год) через станцію. Зростає частота проходження зон, що є джерелами завад, – це контррейки у зоні переїздів, штучних споруд, запасні рейки, що складаються працівниками колійного господарства в міжколійї для і після заміни, зони ізолюючих стиків, стрілочні переводи, місця локальної намагніченості рейок та ін.

(рис. 2). На такі зосереджені за місцем виникнення завади накладаються інші завади, що пов'язані зі складовими тягового струму, грозовими розрядами, електромагнітними полями ЛЕП, змінами параметрів пристроїв АЛСН, спотворенням кодових посилок у часі, інших причин, пов'язаних з РЛ, роботою тягового та іншого електрообладнання локомотивів і т. д.

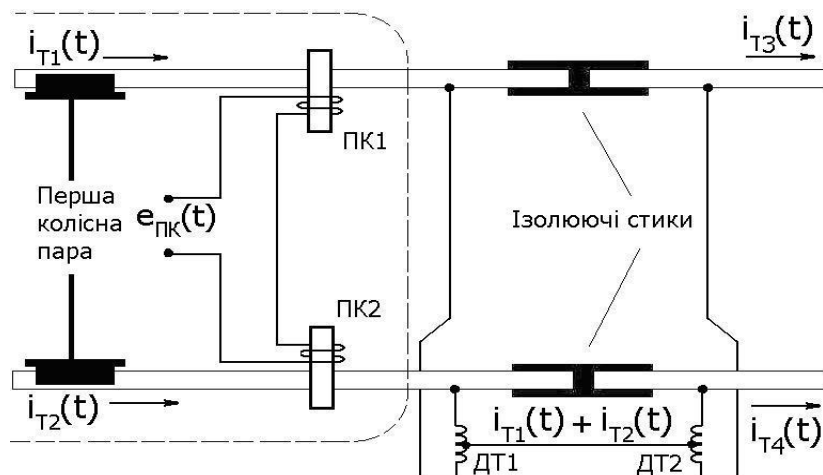


Рис. 1. Схема проходження тягового струму та локомотивними ПК зони ізолюючих стиків

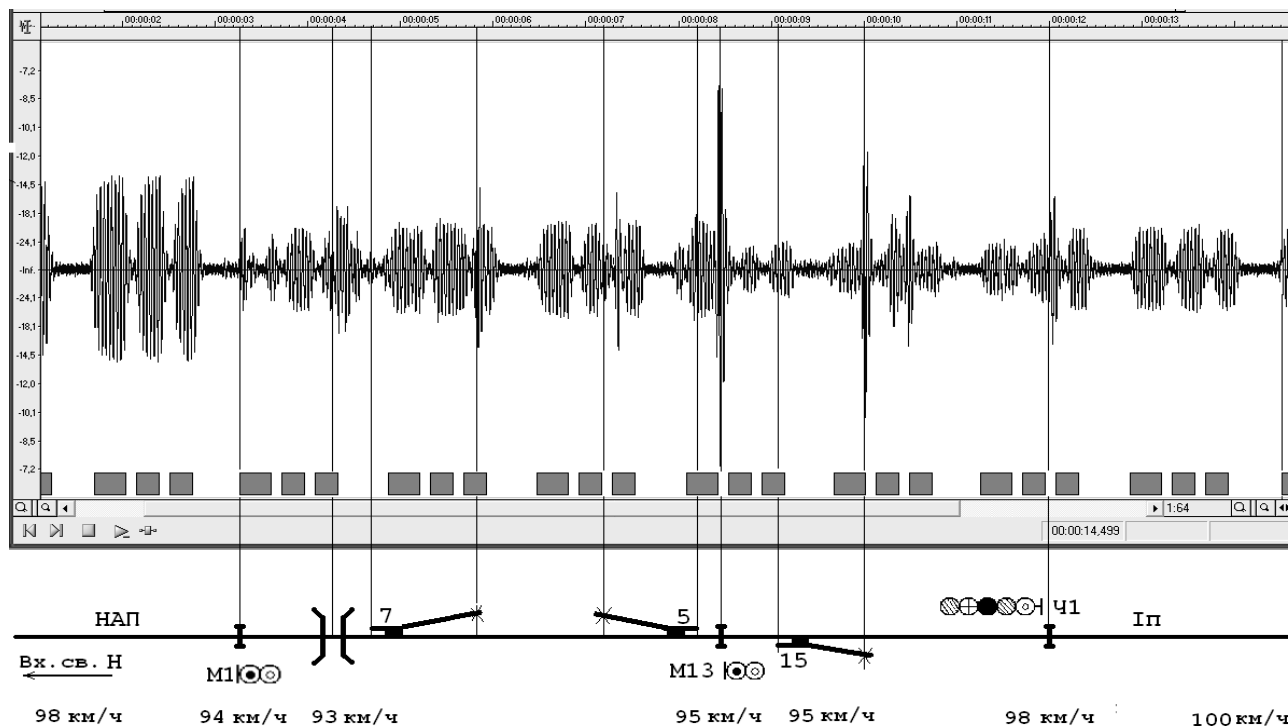


Рис. 2. Елюра напруги числового коду АЛСН (код 3) з виходу фільтра при проходженні поїздом горловини станції

Проходження локомотивом зон, що є джерелом завад, занадто скупчених порівняно із перегоним, призводить до появи ряду завад у приймальних котушках (ПК) із періодом повторення, що залежить від швидкості руху поїзда, і можливим збігом у часі з довжиною циклу числового коду. При різній швидкості

руху поїзда змінюються кількісні характеристики завад – рівень (потужність), тривалість, спектральний склад.

Це призводить до неможливості визначення локомотивними пристроями АЛСН значення числового коду, що передається з колії на локомотив, збоїв у роботі АЛСН, як

наслідок, знижуються показники безпеки руху поїздів, погіршуються умови праці локомотивних бригад. Якщо врахувати інерційність локомотивних пристроїв АЛСН (5,5 с) і зменшення часу проходження ізолюваних секцій у горловинах станцій, можна припустити, що система сигнального авторегулювання не зможе одержати достовірну інформацію, яка відповідає поїзному стану у напрямку руху попереду.

Таким чином, виключення кількості ІС по маршруту руху призводить до значного підвищення якості в функціонуванні АЛСН.

Тональні рейкові кола. Безперервна модернізація рухомого складу, верхньої будови колії, підвищення вагових норм і швидкостей руху поїздів визначили подальше вдосконалення РК, у результаті чого вони зазнали за минулий час значних змін. Нові системи побудовані на новій елементній базі з застосуванням інтегральних мікросхем.

Тональними рейковими колами (ТРК) називають клас рейкових кіл, частота сигнального струму яких (від 125 Гц до 5 кГц) знаходиться в діапазоні тональних частот. Іншою відмінною особливістю ТРК є застосування безконтактної апаратури і можливість їх функціонування без ІС [3].

На першому етапі це були РК з ізолюючими стиками і відносно низькими частотами (125...375 Гц). Надалі в ТРК функції передачі інформації між світлофорами і на локомотив були виключені. Крім того, у системі ЦАБ вперше були застосовані РК без ізолюючих стиків з живленням двох суміжних РК від одного генератора. Така структура ТРК призвела до суттєвого спрощення схеми, зменшення обсягу апаратури і кількості жил кабелів. Однак відсутність ізолюючих стиків потребує розроблення нових методів для оптимізації параметрів і для розрахунку зони додаткового шунтування необмежених РК [4].

Захист від взаємного впливу РК здійснюється чергуванням частот генераторів і застосуванням на приймальному кінці безпечних фільтрів для селекції цих частот. Для підвищення захищеності від гармонік тягового струму і захисту від впливу РК паралельної колії застосовується амплітудна маніпуляція сигнального струму з різною частотою маніпуляції.

В апаратурі третього покоління (ТРК3), застосовуваної при будь-яких видах тяги і на

ділянках з нормальним і зниженим опором баласту, були дещо змінені частоти, оптимізовані параметри апаратури, підвищена заводо захищеність приймальних пристроїв, скорочено кількість апаратури і її габарити.

Розроблення системи АБТ без ізолюючих стиків потребує вирішення питання чіткої фіксації меж блок-ділянок (БУ). Для цього були розроблені ТРК четвертого типу (ТРК4) з короткою довжиною зони додаткового шунтування.

На сьогодні ТРК завдяки ряду експлуатаційних, технічних і економічних переваг знаходять все більш широке застосування на залізницях. При цьому:

- виключається найненадійніший елемент систем ЗАТ – ізолюючі стики;
- відпадає необхідність встановлення дорогих ДТ та з'єднувальних перемичок для пропускання зворотного тягового струму в обхід ізолюючих стиків;
- поліпшуються умови протікання зворотного тягового струму по рейкових нитках;
- зберігається міцність колії з довгомірними рейковими батогами.

До недоліків ТРК можна віднести їх відносно малу граничну довжину, наявність зони додаткового шунтування.

Системи рахунку осей. Технічним засобом контролю місцезнаходження рухомого складу, як альтернатива РК, стали системи контролю зайнятості ділянок (СКЗД) з використаного методу рахунку осей [6, 7].

Практичні системи з використанням принципу рахунку осей з'явилися близько 50 років тому. Вони являли собою механічні пристрої і не відрізнялися досить високими експлуатаційними показниками. Поява інтегральних мікросхем (ІМС) призвела до істотного прогресу у розвитку систем рахунку осей. Це обумовлено тим, що системи рахунку осей порівняно з РК функціонально і схемотехнічно більш складні, і методами існуючої в 1960-х роках аналогової електроніки неможливо було забезпечити достатньо високу надійність роботи апаратури та її безпеку. З'явилися вітчизняні та зарубіжні пристрої ЗАТ з використанням принципу рахунку осей. Найбільший потенціал у підвищенні надійності роботи пристроїв рахунку осей і збільшення функціональних можливостей їх застосування виник з появою ІМС великого ступеня інтеграції.

Із зарубіжних пристроїв, які мають найкращі економічні та експлуатаційно-технічні показники, можна назвати мікропроцесорну систему рахунку осей фірми Siemens. Але її дослідна експлуатація показала, що адаптація цієї системи до умов вітчизняних залізниць складна й економічно неефективна.

Крім того, вартість цієї апаратури в кілька разів вища, ніж вітчизняних систем.

СКЗД, як складова, ефективно функціонує у складі системи вищого рівня (мікропроцесорної електричної централізації – МПЦ), має розподілену структуру із колійним і постовим обладнанням (рис. 3).

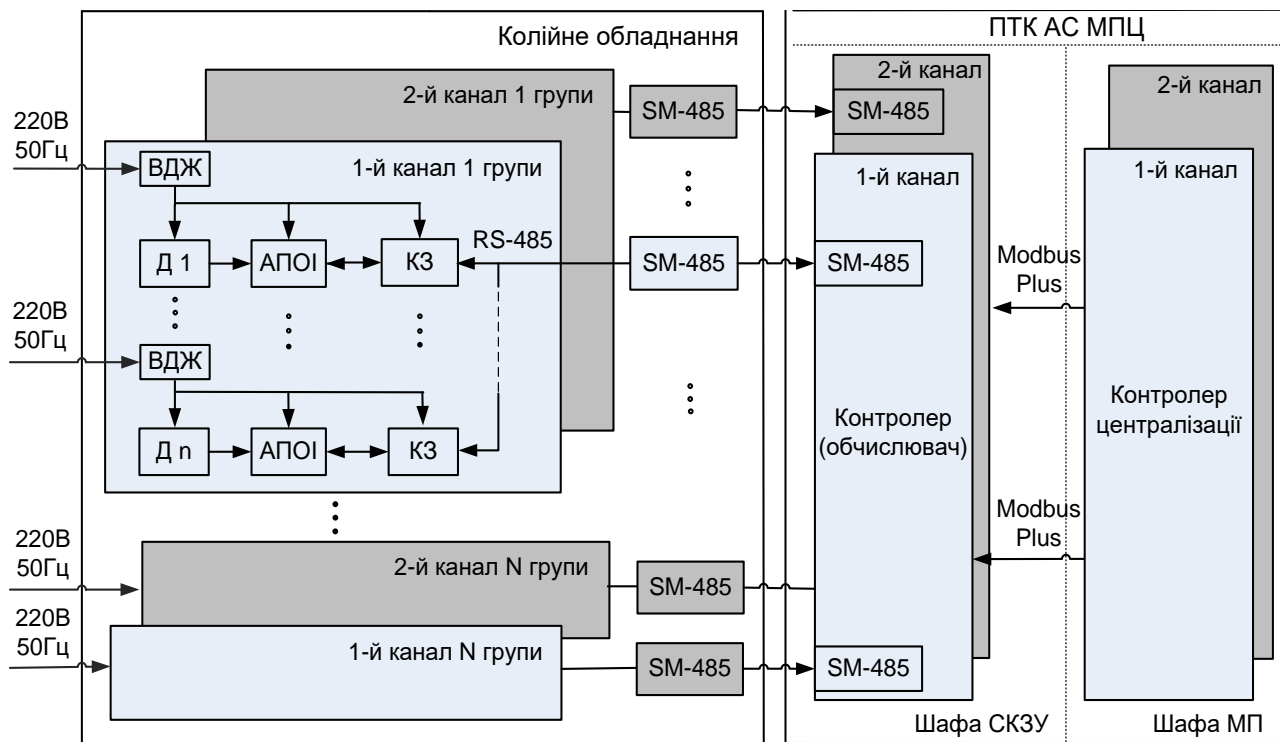


Рис. 3. Структурна схема СКЗД на станції

До складу колійного обладнання СКЗД входять пункти рахунку осей (ПРО), що розміщуються на вході та виході контрольованих ділянок колії.

ПРО складається з таких елементів:

- ТКД (два ТКД) для фіксації знаходження над ним (ними) колісних пар рухомих одиниць і формування аналогового сигналу з ознакою характеру їхнього переміщення (напряму);

- електронний блок ПРО (апаратура первинної обробки інформації – АПОІ), побудований на базі програмованого мікроконтролера (МК).

МК забезпечує приймання від ТКД кодованих електричних сигналів; визначення факту проходження колісних пар і напряму їхнього переміщення; підрахунок кількості осей

у зоні контролю; формування та передачу інформаційних посилок по цифровому каналу зв'язку RS-485 (можливе використання модемного зв'язку) до постової апаратури СКЗД, що розміщується на посту ЕЦ.

До складу постового обладнання системи входить шафа СКЗД з розміщеним у ній електронним обладнанням:

- центральний обчислювальний блок (контролер СКЗД) на базі ПЛК, що побудований за дубльованою схемою;

- комунікаційні засоби обміну цифровою інформацією (по каналах RS-485 та мережі Modbus);

- двоканальний комплект джерел вторинного живлення.

У кожному каналі контролера СКЗД використовуються електронні модулі та пристрої:

– шасі зі слотами для встановлення модулів ПЛК та джерело живлення модулів, що встановлюється на шасі;

– модуль центрального процесора;

– PC-карта для встановлення у слот модуля центрального процесора, що забезпечує обмін по мережі Modbus Plus з контролером централізації;

– модуль введення дискретних сигналів;

– модем зв'язку, що забезпечує цифровий обмін контролера СКЗД з віддаленими ППО по каналу RS-485 з використанням DSL-технології (протяжність лінії зв'язку до 6 км);

– комунікаційний модуль з каналом RS-485 для обміну інформацією з ППО через DSL-модем.

У наш час у системах рахунку осей найбільшого поширення набули індуктивні датчики, які забезпечують працездатність у будь-яких кліматичних умовах, за наявності потужних магнітних полів тягового струму і полів тягових двигунів. Вони не мають помітного біологічного впливу на навколишнє середовище.

Перспективи сумісного використання на станціях систем рахунку осей і тональних рейкових кіл накладання. Для контролю стану колійних ділянок у горловині станції може бути використана СКЗД на основі рахунку осей з колійними пунктами зчитування (ПС). СКЗД без будь-яких обмежень може експлуатуватися на станціях і перегонах при будь-якому виді локомотивної тяги поїздів. Вона рекомендується до використання при неможливості або економічній недоцільності використання РК. Для усіх варіантів функціонування СКЗД можуть бути використані однакові універсальні базові апаратні вузли системи з відповідним допрацьованим під конкретні задачі програмним забезпеченням [6].

На відміну від РК, використання точкових колійних датчиків не дозволяє контролювати цілісність рейок. Тому можливе сумісне (комбіноване) використання пристроїв рахунку осей і ТРК. Ділянки між вхідними світлофорами та приймально-відправними коліями обладнуються розгалуженими ТРК. Колії головного ходу ізольовані одна від одної та від бокових колій ІС, які встановлюються лише біля вхідних і вихідних світлофорів, а по

головному ходу в горловинах станції ІС встановлюються на диспетчерських з'їздах для виключення попадання кодових струмів АЛСН з однієї головної колії на другу при реалізації в горловині станції одночасно маршрутів приймання та відправлення.

Застосування пристроїв рахунку осей не обмежується магістральними залізницями. Ідентичність принципів регулювання руху поїздів і забезпечення безпеки руху поширює область застосування систем рахунку осей і на промисловий рейковий транспорт, де якість обслуговування верхньої будови колії незрівнянно нижче. Існує також специфіка будови верхньої колії – металеві стяжки, металеві плити замість шпал і флюгерних брусів, на відміну від магістрального залізничного транспорту. Це створює певні труднощі для експлуатації та підтримки РК в працездатному стані. Досвід показує, що традиційні пристрої ЗАТ з використанням РК на промисловому транспорті найчастіше виявляються непрацездатними, і єдиною альтернативою їм є пристрої системи рахунку осей.

Висновки:

1. Однією з проблем забезпечення ефективності поїзної роботи станцій і перегонів є відносно невисока надійність роботи РК, які, однак, забезпечують режим АЛСН. Рішенням проблеми підвищення надійності станційних пристроїв ЗАТ може бути комплексне використання переваг систем рахунку осей і РК, тобто «накладення» на пристрої рахунку осей, що реалізують функції контролю стану колійних ділянок, тональних рейкових кіл, що реалізують контроль цілісності рейок (контрольний режим) і режим АЛСН.

2. Існуюча станційна апаратура ЗАТ характеризується великою кількістю кабельних ліній зв'язку та значною їх протяжністю. У цьому відношенні роботи зі зниження матеріаломісткості ліній зв'язку в частині кабельної продукції дуже актуальні. Розроблені принципи організації зв'язку між функціональними вузлами станційних пристроїв рахунку осей показали практичну можливість двосторонньої передачі в одній фізичній парі інформаційного сигналу та енергетичного, використовуюваного для електроживлення віддалених станційних пристроїв.

3. Зменшення кількості ізолюючих стиків по головних коліях у горловинах станцій значно зменшує кількість збоїв у роботі АЛСН при безупинному проходженні поїздами станцій на підвищеній швидкості.

4. Використання на головних коліях горловини станції ТРК накладання дозволяє від точок підключення ТРК до рейкової лінії здійснювати кодування сигналами АЛСН більш подовжених секцій.

5. При ліквідації ізолюючих стиків зменшується кількість колійного обладнання,

знижуються матеріальні витрати на його обслуговування за рахунок «зміцнення» колії фізично (верхньої будови колії) та електрично (за відсутністю дросель-трансформаторів і перемичок від них до рейок спрощуються умови каналізації зворотного тягового струму).

6. Використання ТРК накладання із значною кількістю відгалужень лише для роботи у нормальному та контрольному режимах дозволяє в умовах спрощеного налаштування ТРК фіксувати порушення цілісності РЛ.

Список використаних джерел

1. Інструкції з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації й блокування (СЦБ). ЦШЭВТ/0012 [Текст]. – К., 2009. – 87 с.

2. Соболев, Ю.В. Дослідження умов роботи локомотивних пристроїв АЛС при безупинному проходженні поїзда через станцію [Текст] / Ю.В. Соболев, С.В. Кошевий, М.С. Кошевий, С.М.Бібіков // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2009. – № 1 (74). – С. 32-43.

3. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст]: справочник / В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. «ООО Миссия-М», 2006. – 496 с.

4. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надёжности [Текст] / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.

5. Кондратьева, Л.А. Рельсовые цепи в устройствах СЦБ [Текст] / Л.А. Кондратьева. – М., 2005. – 20 с.

6. Система контроля участков пути методом счёта осей (ЭССО). Технология обслуживания. ТО 00204-0900-1 (Утверждено ЦШ МШС 15.06.2001 г) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.nrcprom.ru/production/esso.

7. Тильк, И.Г. Новые устройства автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта [Текст] / И.Г. Тильк. – Екатеринбург, 2010. – 168 с.

8. Дмитриев, В.С. Основы железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / В.С. Дмитриев, И.Г. Серганов. – М.: «Транспорт», 1988. – 269 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор М.М. Бабаев

Нечасев Андрій Михайлович, магістрант Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації Української державної академії залізничного транспорту.

Nechayev Andrew M., Undergraduate Teaching and Research Institute of retraining and advanced training of the Ukrainian State Academy of Railway Transport.

УДК 656.259.12

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЙКОВИХ КІЛ ТОНАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ ЯК ТОЧКОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕЇЗНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

П.О. Ордін, канд. техн. наук О.О. Удовіков

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ КАК ТОЧЕЧНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

П.А. Ордин, канд. техн. наук А.А. Удовиков

STUDY OF TONE FREQUENCY RAIL CIRCUITS AS POINT SENSORS FOR CROSSING SIGNALING SYSTEMS

P.O. Ordin, cand. of techn. science O.O. Udovikov

У статті наведено дослідження тональних рейкових кіл як точкових колійних датчиків для контролю рухомого складу. Здійснено аналіз вимірювальних сигналів, розраховано їхні оптимальні параметри. Виконано математичне моделювання процесу контролю рухомого складу для різних умов застосування точкових колійних датчиків у системах автоматичної переїзної сигналізації.

Ключові слова: переїзна сигналізація, тональне рейкове коло.

В статті представлено дослідження тональних рельсових цепей як точечных путевых датчиков для контроля подвижного состава. Выполнен анализ измерительных сигналов, рассчитаны их оптимальные параметры. Выполнено математическое моделирование процесса контроля подвижного состава для различных условий применения точечных путевых датчиков в системах автоматической переездной сигнализации.

Ключевые слова: переездная сигнализация, тональная рельсовая цепь.

In this article a voice-frequency rail circuit as point travel sensor is presented for monitoring of rolling stock. The analysis of the application of different types of point position encoders for control conditions of rolling stock in the automatic crossing signals. Most suitable for this purpose are track circuits tone Limited zone bypass. Mathematical modeling of the processes of measurement input impedance short track circuit and optimum amplitude and frequency parameters of the sensor, to effectively control the passage through the crossing units. The obtained results allow to develop technical solutions that enhance the efficiency of the systems of automatic crossing signals. Privacy functioning railway crossings is one of the most urgent tasks. The basic element of security systems crossings are sensors control of rolling stock. This article gives an analysis of different types of point of travel sensors to monitor conditions of rolling stock in the automatic crossing signals. Most suitable for this purpose are track circuits tone Limited zone bypass. Mathematical modeling of the processes of measurement input impedance short track circuit and optimum amplitude and frequency parameters of the sensor, to effectively control the passage of the mobile unit through the crossing. The obtained results allow to develop technical solutions that enhance the efficiency of the systems of automatic crossing signals.

Keywords: crossing signalling, voice-frequency rail circuit.

Вступ. Невід'ємною частиною систем переїзної сигналізації є колійні датчики, які фіксують проходження рухомого складу і забезпечують керування роботою світлофорів і шлагбаумів. На даний час найбільш перспективним вважається застосування точкових колійних датчиків (ТКД), оскільки при цьому підсистема контролю рухомого

складу відокремлена від діючих рейкових кіл автоблокування.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Як датчики на залізничних переїздах можуть застосовуватися механоконтактні, магніто-

контактні, індуктивні, індукційні та резистивні точкові датчики [1].

Механоконтактні точкові колійні датчики (педалі) видають електричний сигнал при спрацюванні контактів їх вихідних елементів у результаті дії колеса на пружинно-важельний механізм датчика. У магнітоконтактних датчиках феромагнітна маса колеса впливає через магнітне поле джерела енергії на релейну вставку, яка виробляє електричний сигнал при спрацюванні контактів. В індуктивних датчиках принцип дії полягає у зміні індуктивності (коефіцієнта самоіндукції) первинного перетворювача в результаті зміни магнітного опору її магнітного кола. Індукційні колійні датчики використовують генераторні первинні перетворювачі, засновані на явищі електромагнітної індукції. Сигнал проходження колеса через зону дії датчика виробляється при впливі феромагнітних мас колеса на зв'язуюче постійне або змінне магнітне поле, у результаті чого змінюється величина магнітного потоку, з'єданого з електричними контурами первинного перетворювача, викликаючи появу індукованих е.р.с., яка і є сигналом.

Принцип дії резистивних датчиків полягає у зміні зв'язуючої величини (магнітної, електромагнітної, тиску та ін.) активного опору електричного кола перетворювача. Джерело зв'язуючої енергії й первинний перетворювач об'єднані й виконані у вигляді автогенераторного резонансного коливального контуру, що випромінює високочастотне магнітне поле.

Загальним недоліком перерахованих датчиків є необхідність їх незбійного механічного закріплення на рейках у певній орієнтації, від чого залежить працездатність системи в цілому. Тому здається доцільним використовувати у якості таких датчиків короткі рейкові кола тональної частоти [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При організації ділянок наближення та віддалення зазвичай використовують рейкові кола діючого автоблокування, якщо ж на ділянці немає автоблокування, то рейкові кола встановлюють окремо для переїзду. При цьому спеціального розділення рейкових кіл для отримання розрахункової ділянки наближення до переїзду не передбачається. У разі невідповідності меж блок-ділянки з межами ділянки наближення сповіщення подається від межі блок-ділянки, на

якій розташовується ділянка наближення, а компенсація розрахованої довжини порівняно з існуючою здійснюється схемою керування. Для вимикання сигналізації після прослідування поїздом переїзду передбачається поділ рейкових кіл встановленням ізолюючих стиків біля переїзду.

Недоліком описаного вище способу є наявність ізолюючих стиків і можливість відмови при їх «сході» та необхідність втручання в організацію існуючих рейкових кіл.

ТКД, використовувані в системах огороження переїздів, виконують такі функції: подача пускових команд у виконавчі схеми на закриття і відкриття переїзду при підході або віддаленні поїзда; контроль напрямку руху; подача стартостопних сигналів у пристрої вимірювання часу (швидкості) наближення поїзда до переїзду; подача сигналів лічильника осей у пристроях контролю зайнятості ділянок наближення/віддалення.

Недоліки застосування ТКД для контролю ділянок наближення/віддалення витікають з самої природи ТКД – вони контролюють наявність або відсутність рухомої одиниці тільки в одній точці; при виході з ладу датчика система перестає функціонувати, можливе помилкове спрацювання або неспрацювання датчика, що може призвести до трагічних наслідків. Недоліки описаних вище способів контролю рухомого складу усуваються при застосуванні рейкових кіл тональної частоти.

Колійними колами накладання називають особливі види безстиківих РК тональної частоти, які можуть накладатися на різні кола постійного або змінного струму, не порушуючи їхньої нормальної роботи. Такі РК використовуються в якості додаткових колійних датчиків для формування інформації про наближення поїздів до переїздів.

Як і в загальних безстиківих колах, у колах накладання може використовуватися гальванічний або індуктивний зв'язок приймальної апаратури з рейковою лінією.

Розрізняють РК накладання з ємнісною компенсацією індуктивної складової рейкового контуру (1-2 кГц) і без ємнісної компенсації (5-40 кГц). Ємнісна складова в РК довжиною більше 500 метрів зменшує загасання кола, яке збільшиться при збільшенні довжини лінії та частоти сигнального струму. Кола без ємнісної

компенсації використовуються в якості точкових датчиків і мають малу довжину (зона дії приблизно 50 м).

Основна апаратура кіл накладання складається з генераторів ПГК1 і приймачів ППК1 камертонного типу, кожен з яких має чотири модифікації відповідно для частот 1562.66, 1672.29, 1831.25 й 2014.33 Гц, а також блок обминання ізолюючих стиків БОС-1.

Визначення мети і завдання досліджень. Описані варіанти РК накладання призначені для контролю відносно довгих ділянок колії, порядку десятків метрів. Тому для контролю більш коротких зон, які відповідають довжині вагонного візка, необхідно змінити схему підключення апаратури до рейок.

Мета дослідження – з'ясувати можливість застосування високочастотних

тональних РК з короткою зоною шунтування і визначити їхні електричні параметри.

Основна частина дослідження.

Розглянемо варіант побудови ТКД, принцип дії якого побудовано на контролі вхідного опору рейкової лінії. Ширина зони контролю в цьому випадку буде залежати від частоти вимірювального сигналу, питомого опору ізоляції, а також від співвідношення опору вагонного шунта і вихідного опору джерела сигналу.

Для дослідження вказаних залежностей складемо схему заміщення (рис. 1), у якій: $R_{ш}$ – опір шунта, x – відстань колісної пари від джерела живлення, $PЛ$ – чотирьополосник рейкової лінії з параметрами A, B, C, D , які залежать від x ; $Z_{вх}$ – вхідний опір рейкової лінії, E_r – електрорушійна сила джерела живлення, Z_v – хвильовий опір рейкової лінії, Z_r – вихідний опір джерела живлення.

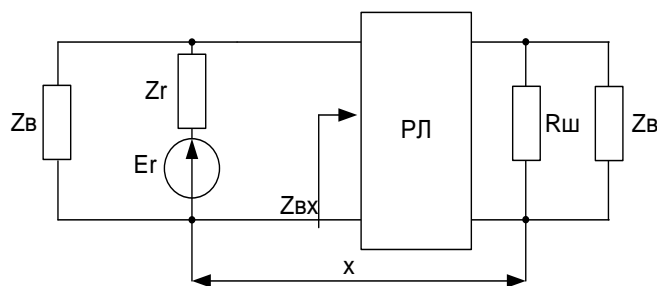


Рис. 1

Загальну матрицю даної схеми можна записати як

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_v} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A(x) & B(x) \\ C(x) & D(x) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_{ш}} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_v} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Вхідний опір такої схеми відносно точок підключення генератора розраховується як $Z_{вх} = A_0/C_0$ [3].

Залежності вхідного опору від координати накладення вагонного шунта при частоті живлення 50 кГц наведені на рис. 2. З наведених результатів випливає, що для крайніх умов роботи РК (питомий опір ізоляції відповідно 0,5 та 50 Ом/км) довжина зон шунтування суттєво відрізняється, що

унеможливує використання даної схеми як "точкового" датчика.

Для усунення цього недоліку пропонується підключити до місць приєднання генератора резонансний шунтуючий контур LC (рис. 3), який обмежує зону розповсюдження сигналу. Загальна матриця такої схеми має вигляд

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_B} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j\omega L + \frac{1}{j\omega C} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A(x) & B(x) \\ C(x) & D(x) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{R_{ш}} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_B} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

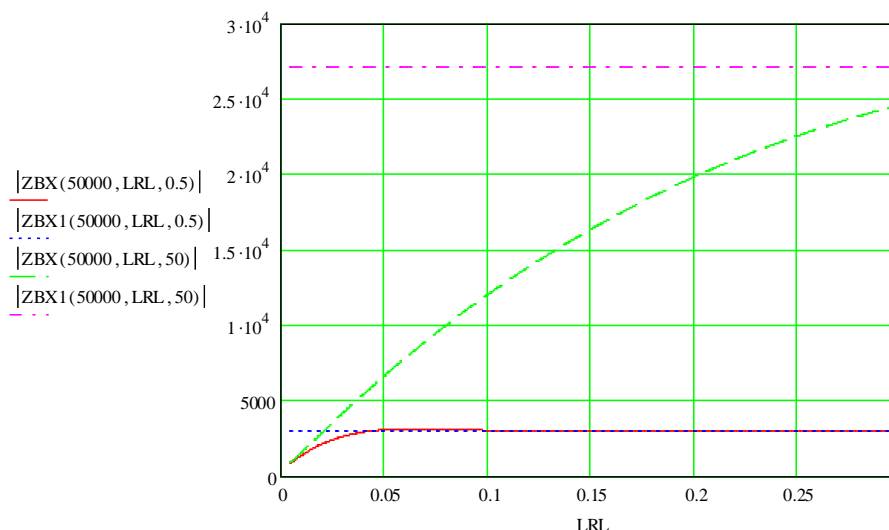


Рис. 2

Залежності вхідного опору від координати накладення вагонного шунта при частоті живлення 50 кГц наведені на рис. 4. З наведених результатів випливає, що для

крайніх умов роботи довжини зон шунтування практично не відрізняються і становлять не більше 3 м, що відповідає поставленим вимогам.

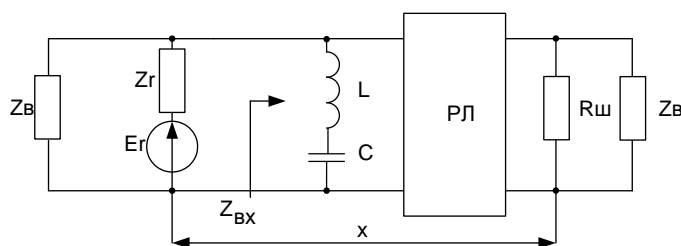


Рис. 3

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. За допомогою математичного моделювання процесу вимірювання вхідного опору рейкової лінії встановлено залежності цього опору від ординати поїздного шунта для різних частот і запропоновано схему вимірювань з

використанням резонансного шунту, яка дозволяє отримати коротку довжину зони шунтування. Подальші дослідження мають на меті встановлення практичних значень електричних параметрів вимірювальної апаратури.

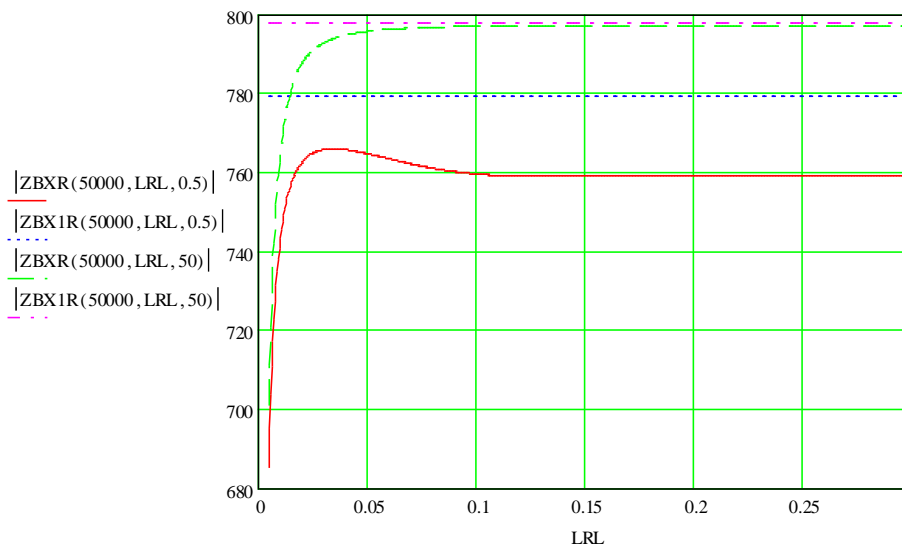


Рис. 4

Список використаних джерел

1. Бухгольц, В.П. Путьевые датчики контроля подвижного состава на рельсовом транспорте [Текст] / В.П. Бухгольц, Г.А. Красовский, А.Э. Штанке. – М.: Транспорт, 1976. – 280 с.
2. Путьевая блокировка и авторегулировка [Текст] / под ред. Н.Ф. Котляренко. – М.: Транспорт, 1983. – 296 с.
3. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи [Текст] / Л.А. Бессонов. – 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1996. – 612 с.
4. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст]: справочник / В.С. Аркатов, Н.Ф. Котляренко, Т.М. Лебедева. – М.: Транспорт, 1993. – 262 с.
5. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, Б.А. Разумовский. – М.: Транспорт, 1982. – 526 с.
6. Сороко, В.И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: справочник / В.И. Сороко, В.С. Милуков. – М.: Маршрут, 2002. – 634 с.
7. Дмитриев, В.С. Новые системы автоблокировки [Текст] / В.С. Дмитриев, В.А. Минин. – М.: Транспорт, 1981. – 216 с.
8. Дмитриев, В.С. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты [Текст] / В.С. Дмитриев, В.А. Минин. – М.: Транспорт, 1992. – 182 с.
9. Дмитренко, И.Е. Измерение и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / И.Е. Дмитренко, В.В. Сапожников, Д.В. Дьяков. – М.: Маршрут, 1994. – 260 с.
10. Кулик, П.Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст]: учеб. пособие / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 282 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.І. Мойсеєнко

Ордин Павло Олександрович, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-12 ІППК УкрДАЗТ. E-mail: paha1988@yandex.ru.
 Удовиков Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри автоматики та комп'ютерних систем телекерування, УкрДАЗТ, E-mail: eio@ukr.net.

Ordin Pavlo Oleksanrovych, Student of group M3-AT3-AKSURP IPPK UkrDAZT. E-mail: paha1988@yandex.ru.
 Udovikov Oleksandr Oleksanrovych, Cand. science, docent, department AT, Ukrainian State Academy of Railway Transport, E-mail: eio@ukr.net

УДК 656.259.12

АНАЛІЗ МЕТОДІВ СИНТЕЗУ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ СИСТЕМИ АБТЦ

Д-р техн. наук А.Б. Бойнік, В.В. Чуднецов

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ СИСТЕМЫ АБТЦ

Д-р техн. наук А.Б. Бойник, В.В. Чуднецов

ANALYSIS METHODS OF SYNTHESIS TONE RAIL CIRCUITS SYSTEM ABTTS

Doct. of techn. sciences A.B. Boynik, V.V. Chudnetsov

Проведено аналіз і синтез режимів роботи тональних рейкових кіл третього покоління без ізолюючих стиків системи автоблокування з централізованим розміщенням апаратури з метою підвищення безпеки та надійності функціонування діючого обладнання автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізниці, а також дослідження тональних рейкових кіл за допомогою методу направленої графа.

Ключові слова: тональні рейкові кола, режим роботи, направлений граф, надійність, залізниця, аналіз.

Проведен анализ и синтез режимов работы тональных рельсовых цепей третьего поколения без изолирующих стыков системы автоблокировки с централизованным размещением аппаратуры с целью повышения безопасности и надежности функционирования действующего оборудования автоматики, телемеханики и связи на железной дороге, а также исследование тональных рельсовых цепей с помощью метода направленного графа.

Ключевые слова: тональные рельсовые цепи, режим работы, направленный граф, надежность, железная дорога, анализ.

The analysis and synthesis modes tonal track circuits of the third generation without insulating joints autolock system with centralized placement of equipment to improve the safety and reliability of the existing equipment automation, remote control and communication at the rail, and a study of tonal track circuits using the directed graph which allows you to achieve greater clarity flow wave processes in rail lines at different modes of operation. This system is used in areas with heavy traffic and high-speed trains and is more reliable and easy to maintain when compared with other systems that are used on the Ukrainian railways. This is primarily due to the placement of equipment to haul at stations that can significantly improve the conditions of the attendants, reduce the time spent on maintenance of appliances, as well as reduce the requirements for thermal stability and vibration hardware.

Keywords: tonal track circuits, operating mode, a directed graph, reliability, railroad, analysis.

Вступ. Працездатність пристроїв автоблокування на перегонах залізниці багато в чому залежить від якості та своєчасного обслуговування. Дослідження режимів роботи рейкових кіл дозволяє знайти раціональні параметри їхнього функціонування.

Якщо врахувати, що пристрої залізничної автоматики працюють у складних умовах, при яких треба забезпечувати безпеку руху поїздів, то стає очевидним необхідність дослідження режимів роботи рейкових кіл.

Постановка проблеми. У сучасних умовах модернізація українських залізниць

проходить не досить швидким темпом. Тому постає питання продовження терміну служби вже діючих пристроїв залізничної автоматики, більшість з яких вже відпрацювали свій нормативний термін. Однак завдяки кваліфікованому обслуговуванню обладнання знаходиться в задовільному стані та може ще працювати певний час. Виходячи з цього, експлуатація пристроїв здійснюється за технічним станом, що тягне за собою своєчасний аналіз і синтез у процесі роботи за допомогою прогресивних методів дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням аналізу в багатьох публікаціях приділяється особлива увага [1]. Так, у публікаціях деяких авторів обговорюється питання синтезу та аналізу рейкових кіл в основному у нормальному та контрольному режимах. Тому комплексне дослідження всіх режимів роботи тональних рейкових кіл має особливий інтерес як для дослідників, так і для експлуатаційників.

Мета роботи. Дослідження тональних рейкових кіл, аналіз і синтез режимів їхньої роботи.

Основна частина дослідження. У наш час на залізниці однією з перспективних систем інтервального регулювання руху поїздів на перегоні є система автоблокування з

тональними рейковими колами (ТРК) і централізованим розміщенням апаратури (АБТЦ).

Дана система застосовується на ділянках з інтенсивним і швидкісним рухом поїздів і є більш надійною та зручною в обслуговуванні.

У першу чергу це пов'язано з розміщенням апаратури для перегону на станціях, що дозволяє істотно поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу, знизити витрати часу на обслуговування пристроїв, а також знизити вимоги до температурної стійкості та вібростійкості апаратних засобів. Завдяки використанню ТРК вдалося виключити такий ненадійний елемент рейкової лінії, як ізолюючі стики (рис. 1).

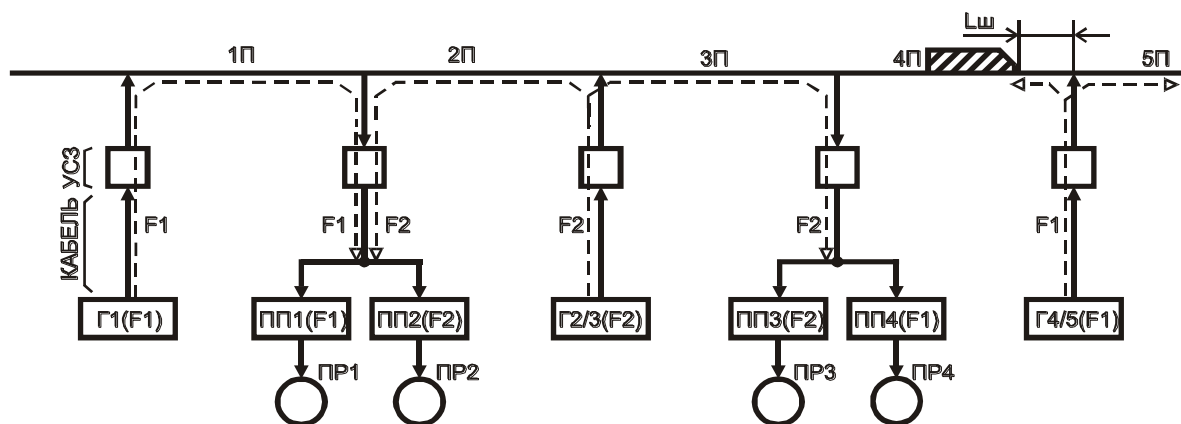


Рис. 1. Структурна схема тональних рейкових кіл

У системі АБТЦ застосовуються тональні рейкові кола з несучими частотами 420, 480, 520, 580, 720 та 780 Гц і частотами модуляції 8 та 12 Гц. Зони додаткового шунтування не перевищують 40 м, це дозволяє спростити пристрої автоблокування. До переваг даної системи також можна віднести поліпшення умов протікання зворотного тягового струму по рейкових нитках; підвищення захищеності рейкових кіл; поліпшення чутливості приймачів і, як наслідок, зниження потужності, споживання рейковим колом; застосування більш високих частот, що дозволяють простіше реалізувати добротні фільтри менших габаритів і підвищити захищеність приймачів від впливу сусідніх частот; відсутність контактних елементів (реле), що працюють в імпульсному режимі, що істотно підвищує надійність і довговічність апаратури; виключення

необхідності передачі інформації між світлофорами, на переїзди і на станцію, що спрощує схемні залежності АБ, диспетчерського контролю та схеми зміни напрямку; контроль послідовності зайняття рейкових кіл при вмиканні кодових сигналів АЛС [2].

У зв'язку з перспективністю системи та метою підвищення надійності й безпеки роботи технічних засобів запропоновано провести аналіз і синтез чотирьох основних режимів роботи рейкових кіл. До них належать нормальний, шунтовий і контрольний режими, а також режим АЛС.

При дослідженні режимів роботи тональних рейкових кіл слід враховувати особливості схем заміщення для кожного з режимів. Для аналізу рейкових кіл використано метод направленої графа, який дозволяє

досягти більшої наочності протікання хвильових процесів у рейкових лініях при різних режимах їх функціонування [3].

Схема заміщення двох рейкових ліній без ізолюючих стиків у нормальному режимі наведена на рис. 2.

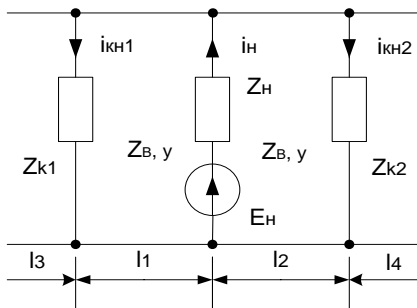


Рис. 2. Схема заміщення рейкових ліній без ізолюючих стиків у нормальному режимі

Дві рейкові лінії підключаються до одного джерела сигналів з ЕРС E_n . Апаратура

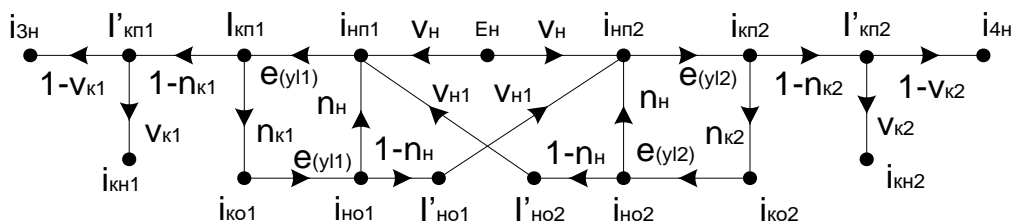


Рис. 3. Граф рейкових ліній без ізолюючих стиків у нормальному режимі

Результати розрахунків, які дозволяють зробити аналіз рейкових ліній без ізолюючих стиків у нормальному режимі, знаходять за правилом Мейсона:

$$I_{кн1} = E_n \frac{G_{н1} \cdot D_{н1} + G_{н2} \cdot D_{н2}}{D_n + D_{дод}}, \quad (1)$$

$$I_{кн2} = E_n \frac{G'_{н1} \cdot D'_{н1} + G'_{н2} \cdot D'_{н2}}{D_n + D_{дод}}, \quad (2)$$

де G_{np} – коефіцієнт передачі n -го розімкнутого кола між E_n і $I_{кн}$;

D_{np} – визначник тієї частини графа, яка не стикається з n -м розімкнутим колом;

$D_n + D_{дод}$ – коефіцієнт всього графа.

приймальних кінців рейкових ліній з вхідними опорами Z_{k1} і Z_{k2} підключена відповідно на відстанях l_1 і l_2 від місця підключення джерела сигналів, які зазвичай рівні між собою ($l_1=l_2=l$). Струм падаючої хвилі, що підійшов до Z_{k1} , розподіляється між Z_{k1} і хвильовим опором Z_v лінії 13, розташованої ліворуч від Z_{k1} . Аналогічно розподіляється струм падаючої хвилі другої лінії між Z_{k2} і Z_v . Це означає, що сигнали від генератора з ЕРС E_n поширюються не тільки по лініях 11 і 12, але також по лініях 13 і 14 і наступних. Особливістю хвильових процесів у рейкових лініях без ізолюючих стиків є можливість поширення хвилі, відбитої від Z_{k1} , до опору Z_{k2} і обумовлення додаткової складової $I_{к2}$. Відповідно струм хвилі, відбитої від місця підключення Z_{k2} , надходить на вхід приймача сигналів першої лінії [4].

З урахуванням перерахованих особливостей наведено направлений граф рейкових ліній без ізолюючих стиків у нормальному режимі (рис. 3).

Схема заміщення двох рейкових ліній без ізолюючих стиків у шунтовому режимі наведена на рис. 4.

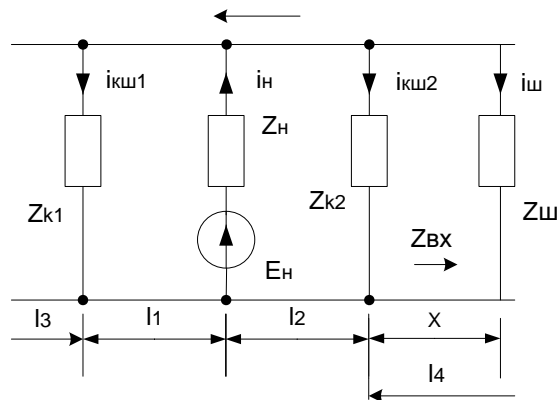


Рис. 4. Схема заміщення рейкових ліній без ізолюючих стиків у шунтовому режимі

Зображено для випадку руху поїзда справа наліво, коли він i , отже шунт $Z_{ш}$, знаходиться поза рейкових ліній l_1 і l_2 . Дослідження залежності $I_{кш2}$ від положення $Z_{ш}$ в даному випадку важливо для визначення зони додаткового шунтування. З наближенням $Z_{ш}$ до $Z_{к2}$ вхідний опір лінії $Z_{вх}$ довжиною x зменшується і при $x=0$ він стає рівним опору паралельного з'єднання $Z_{ш}$ і $Z_{в}$. Внаслідок цього струм $I_{кш2}$ зменшується з наближенням поїзда до $Z_{к2}$, тобто зі зменшенням x , і може досягти порогу спрацьовування приймального

пристрою рейкового кола з вхідним опором $Z_{к2}$. Для виключення зупинки поїзда внаслідок явища додаткового шунтування $Z_{к2}$ необхідно підключати апаратуру рейкового кола до рейкової лінії таким чином, щоб світлофор був встановлений на межі зони додаткового шунтування [4].

Граф ліній у шунтовому режимі будується за допомогою їх графа в нормальному режимі (рис. 3). Струм $I_{4н}$ (рис. 3) при накладенні шунта поширюється в напрямку останнього (рис. 5).

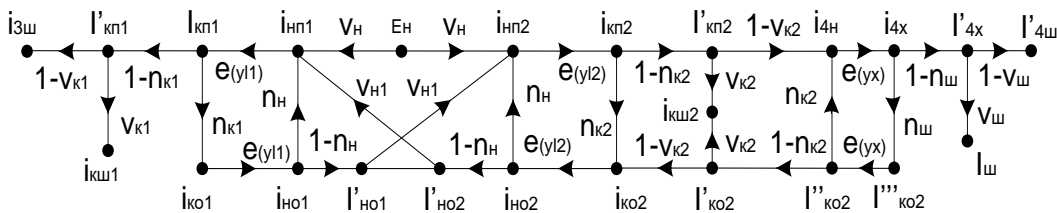


Рис. 5. Граф рейкових ліній без ізолюючих стиків у шунтовому режимі

Розв'язуючи отриманий граф за допомогою правила Мейсона, отримуємо

формулу значення струму $I_{кш2}$, що протікає через $Z_{к2}$:

$$I_{кш2} = E_{н} \frac{G_{ш1} * D_{ш1} + G_{ш2} * D_{ш2} + G_{ш3} * D_{ш3} + G_{ш4} * D_{ш4}}{D_{ш} + D_{ш \text{ дод}}} \quad (3)$$

У контрольному режимі рейкова лінія є несиметричною, тому що опір рейкової нитки із зруйнованою рейкою істотно вище, ніж у рейкової нитки без зруйнованої рейки [4].

Схема заміщення двох рейкових ліній без ізолюючих стиків, одна з яких має зруйновану рейку на відстані x від місця підключення джерела сигналів наведена на рис. 6.

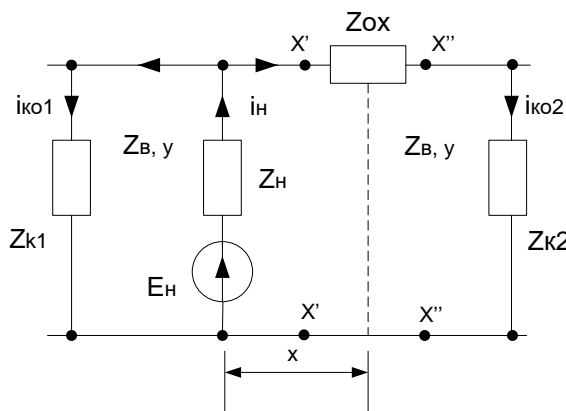


Рис. 6. Схема заміщення двох рейкових ліній без ізолюючих стиків у контрольному режимі

З урахуванням перерахованих особливостей наведено направлений граф

рейкових ліній без ізолюючих стиків у контрольному режимі (рис. 7).

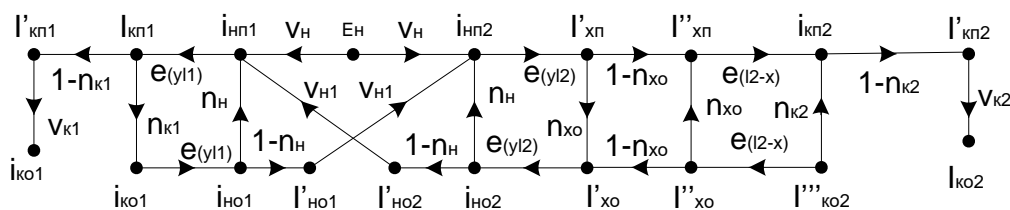


Рис. 7. Граф рейкових ліній без ізолюючих стиків у контрольному режимі

Для отримання розрахункових формул значення струму I_{ko1} і I_{ko2} застосовується правило Мейсона:

$$I_{ko2} = E_H \frac{G_{o1} \cdot D_{o1} + G_{o2} \cdot D_{o2}}{D_o + D_{дод}}, \quad (4)$$

$$I_{ko1} = E_H \frac{G'_{o1} \cdot D'_{o1} + G'_{o2} \cdot D'_{o2} + G'_{o3} \cdot D'_{o3}}{D_o + D_{дод}}. \quad (5)$$

При аналізі рейкових ліній у режимі АЛС для визначення струмів у рейках під локомотивними котушками можна використовувати графи рейкових ліній у шунтовому режимі за умови, що в даному випадку E_H - це ЕРС джерела сигналів АЛС [4]. У разі використання рейкових ліній без ізолюючих стиків при розташуванні поїзда поза рейкових ліній (рис. 4) за допомогою графа цих ліній (рис. 5) отримують такий вираз струму АЛС під локомотивними котушками:

$$i_{4x} = \frac{G_1 \cdot D_1 + G_2 \cdot D_2}{D_{ш} + D_{ш\ дод}}. \quad (6)$$

У результаті синтезу рейкової лінії повинні бути визначені оптимальні навантажувальні опори на її кінцях, при яких одночасно виконується шунтовий і контрольний режими. Чим більше відрізняються параметри струму $I_{кн}$ від параметрів струмів $I_{кш}$, $I_{ко}$, тим з більшою ймовірністю буде виявлений потяг чи зруйнована рейка в межах рейкової лінії [4].

Для кількісної оцінки можливих змін параметрів сигналів при переході лінії в шунтовий режим запропонований коефіцієнт

$$K_{ш} = \frac{I_{кн}}{I_{кш}}, \quad (7)$$

де $I_{кн}$, $I_{кш}$ - струми, що протікають через опір навантаження в кінці ліній Z_k відповідно в нормальному і шунтовому режимах.

Як показник контрольного режиму рейкової лінії запропонований коефіцієнт

$$K_o = \frac{I_{кн}}{I_{ко}}, \quad (8)$$

де $I_{ко}$ - струм, що протікає через опір навантаження Z_k в кінці лінії в контрольному режимі.

Висновок. На підставі результатів дослідження можна зробити такий висновок: кожен режим роботи тональних рейкових кіл відрізняється один від одного та потребує індивідуальних налаштувань (рис. 8).

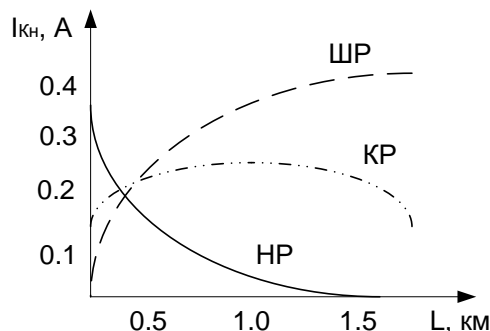


Рис. 8. Графіки функцій режимів роботи

У нормальному режимі (НР) зі збільшенням відстані суттєво зменшується рівень струму сигналів у кінці лінії. Зі збільшенням частоти рівень сигналів у кінці лінії зменшується. У шунтовому режимі (ШР) зона додаткового шунтування зменшується при зниженні струму. Розмір зони додаткового

шунтування зменшується при збільшенні частоти сигналу. У контрольному режимі (КР) витік струму з обірваної рейкової нитки відбувається як у межах даної блок-ділянки, так і в межах сусідніх. Чим менше опір, тим менше напруга на вході рейкової лінії і, як наслідок, тим менше величина струму [4].

Список використаних джерел

1. Аналіз експлуатаційної роботи пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці [Текст] / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2013. – 54 с.
2. Федоров, Н.Е. Современные системы управления с тональными рельсовыми цепями [Текст]: учеб. пособие / Н.Е. Федоров. – Самара, 2004. – 117 с.
3. Лисенков, В.М. Системы управления движением поездов на перегонах [Текст]: учеб. для вузов / В.М. Лисенков, П.Ф. Бестемьянов и др. – М., 2009. – Ч.1. – 159 с.
4. Лисенков, В.М. Системы управления движением поездов на перегонах [Текст]: учеб. для вузов / В.М. Лисенков, П.Ф. Бестемьянов и др. – М., 2009. – Ч.2. – 321 с.
5. Бойнік, А.Б. Диагностирование и прогнозирование состояния систем железнодорожной автоматики [Текст] / А.Б. Бойнік // Залізничний транспорт України. – 2002. - №4. – С. 2-5.
6. Кулик, П.Д. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл [Текст] / П.Д. Кулик, О.О. Удовіков та ін. – К.: Укрзалізниця, 2006. – 236 с.
7. Аналіз стану безпеки руху на залізницях України у 2013 році [Текст] / О.Н. Мусієнко, В.В. Крот. – К., 2013. – 110 с.
8. Бураков, В.А. Условия механизации и автоматизации станционных и перегонных процессов [Текст]: учеб. пособие / В.А. Бураков. – М., 1987. – 98 с.

Бойнік Анатолій Борисович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів Української державної академії залізничного транспорту.
Чуднецов В'ячеслав Володимирович, слухач групи МЗ-АТЗ-АКСУРП-12.

Boynik A.B., doct. of techn. sciences.
Chudnetsov V.V.

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

УДК 004.89

**АНАЛІЗ БІТОВИХ ПОМИЛОК У КАНАЛАХ МЕРЕЖІ ШИРОКОСМУГОВОГО
РАДІОДОСТУПУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LTE**

Канд. техн. наук В.П. Лисечко, слухачка ННППК О.І. Вінник

**АНАЛИЗ БИТОВЫХ ОШИБОК В КАНАЛАХ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО
РАДИОДОСТУПА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LTE**

Канд. техн. наук В.П. Лысечко, слушательница УНИППК О.И. Винник

**ANALYSIS OF BIT ERRORS IN CHANNELS OF BROADBAND RADIO ACCESS NETWORK
BASED ON LTE TECHNOLOGY**

Candidate of techn. sciences V.Lysecenko

Postgraduate student of Educational and Scientific Institute for Advanced and Retraining O.Vinnyk

У статті досліджується залежність кількості бітових помилок у каналах з білим шумом і релеївськими завмираннями від виду модуляції, що використовується в мережі LTE. Показано, що завадостійкість системи підвищується зі зростанням кількості приймальних і передавальних антен при використанні систем MIMO.

Ключові слова: коефіцієнт бітових помилок, завадостійкість, білий шум, релеївські завмирання, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MIMO.

В статье исследуется зависимость количества битовых ошибок в каналах с белым шумом и релеевскими замираниями от вида модуляции, используемой в сети LTE. Показано, что помехоустойчивость системы повышается с ростом количества приемных и передающих антенн при использовании систем MIMO.

Ключевые слова: коэффициент битовых ошибок, помехоустойчивость, белый шум, релеевские замирания, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MIMO.

The main parameter of quality of digital transmission systems are errors. The most common index of errors - bit error ratio (BER). Mathematically, the bit error ratio is defined as the ratio of erroneous bits received to the total number of transmitted bits. Communication systems are started analyzing from the description of the main characteristics in the classical (ideal) channel with additive white Gaussian noise (AWGN). Apart from the noise, this article analyzes the channels with Rayleigh fading. Rayleigh fading occurs when the signal reaches the receiver through multiple paths from the base station. The resultant received signal is the sum of signals coming from the different amplitude and phase. Also, the amount of BER affected by the type of modulation. Various types of modulation have different noise immunity. The article shows that the system noise immunity increases with the number of receive and transmit antennas using MIMO systems.

Keywords: bit error ratio, immunity, white noise, Rayleigh fading, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, MIMO.

Вступ. Телекомунікації – галузь науки, яка розвивається надзвичайно динамічно. З моменту появи перших телеграфних і

телефонних апаратів людство зробило величезний стрибок до високошвидкісних широкосмугових систем зв'язку. LTE (Long

Term Evolution) є сучасною перспективною технологією побудови мереж бездротового зв'язку.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Основною метою сучасних телекомунікаційних технологій є нарощування швидкості передачі даних. LTE передбачає можливість створення високошвидкісних систем стільникового зв'язку, оптимізованих для пакетної передачі даних зі швидкістю до 1 Гбіт/с в низхідному каналі (від базової станції до користувача) і до 500 Мбіт/с у висхідному каналі (відомості для системи LTE Advanced) [4]. Забезпечити заплановані швидкості і при цьому зменшити кількість помилок при радіообміні даними в умовах множинних перевідбиттів сигналів дозволяє використання багатoelementних антенних решіток технології МІМО (Multiple-Input Multiple-Output – множинний вхід, множинний вихід) [4]. Використання МІМО систем зв'язку з N_t передавальними та N_r приймальними антенами дозволяє одночасно підвищити швидкість передачі і надійність приймання даних без додаткового збільшення ширини каналу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу завадостійкості систем зв'язку з багатoelementними антенними решітками присвячена велика кількість наукових робіт. Проте у відомих роботах аналіз обмежувався дослідженням систем з низькими порядками модуляції. Так, у роботах [1, 2] розглядалися лише модуляція з невеликою кількістю M бітів на один символ (BPSK=1, QPSK=2). У цих етекту було показано, що різниця в характеристиках МІМО-систем, в яких етекування ь різні методи етекування сигналів, значна і складає порядку 6-10 дБ.

Визначення мети і завдання дослідження. Метою статті є аналіз ефективності систем МІМО у зменшенні кількості бітових помилок у каналі з адитивним білим гаусівим шумом і релеївськими завмираннями сигналу при різних методах модуляції сигналу.

Основна частина дослідження. Завадостійкість систем зв'язку зручно

аналізувати залежністю коефіцієнта бітових помилок (bit error ratio, BER) від відношення сигнал/шум (signal-to-noise ratio, S/R, SNR).

Коефіцієнт бітових помилок BER для двійкової фазової маніпуляції (binary phase-shift keying, BPSK) і квадратурної фазової маніпуляції (quadrature phase-shift keying, QPSK) у каналі з білим шумом може бути обчислений за формулою [3]

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right), \quad (1)$$

де $\frac{E_b}{N_0}$ – відношення сигнал/шум, відношення

енергії біта до спектральної щільності потужності шуму;

$Q(x)$ – гаусів інтеграл помилок, табульована величина, що розраховується за формулою

$$Q(x) = \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du. \quad (2)$$

Імовірність появи бітової помилки для квадратурної (амплітудної) модуляції (quadrature amplitude modulation, QAM) M -QAM, де $M = 2^k$ – розмір набору символів та k -парне число

$$P_b \approx \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} Q\left[\sqrt{\left(\frac{3 \log_2 L}{L^2 - 1}\right) \frac{2E_b}{N_0}}\right], \quad (3)$$

де Q – визначено за формулою (2);

$L = \sqrt{M}$ – кількість рівнів амплітуди в одному вимірі.

На рис. 1 подана залежність коефіцієнта бітових помилок BER для каналу з адитивним білим гаусівим шумом (АБГШ) для систем зв'язку, що використовують модуляцію BPSK/QPSK, 16-QAM і 64-QAM.

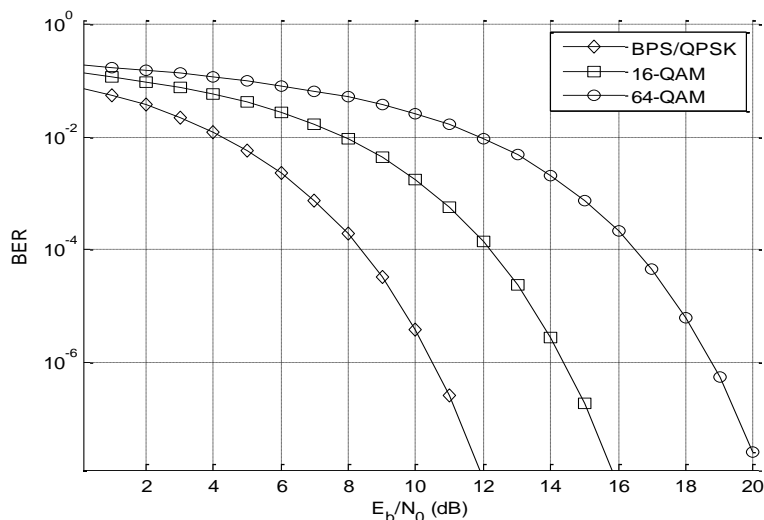


Рис. 1. Залежність BER для модуляції BPSK/QPSK, 16-QAM, 64-QAM в каналі з АБГШ

Модель релієвських завмирань використовується для каналів, які не мають сильного компонента сигналу прямої видимості

між передавачем і приймачем. Коефіцієнт завмирань може бути представлений як [3, 5]

$$\alpha(t)e^{-j2\pi f_c \tau(t)} = x_n(t) + jy_n(t), \quad (4)$$

де $\alpha(t)$ – результуюча амплітуда;

$2\pi f_c \tau(t)$ – результуюча фаза;

$x_n(t)$ та $y_n(t)$ – ортогональні компоненти.

де σ^2 – середня потужність багатопроменевого сигналу.

Якщо кількість таких компонентів $x_n(t)$ та $y_n(t)$ велика і жоден з них не переважає, то у фіксований момент часу змінні $x_r(t)$ та $y_r(t)$, що є результатами сумування всіх $x_n(t)$ та $y_n(t)$, відповідно, будуть мати гаусіву функцію розподілу імовірності. Ці ортогональні компоненти дають завмирання

$r_0(t) = \sqrt{x_r^2(t) + y_r^2(t)}$ [3]. Середні значення величин $x_n(t)$ та $y_n(t)$ наближаються до нуля, оскільки відсутній сильний компонент сигналу основного променя. У цьому випадку маємо релієвський розподіл з функцією щільності ймовірності, що подається як [3, 5]

На рис. 2, 3 наведена залежність коефіцієнта бітових помилок BER для каналу з релієвськими завмираннями для систем зв'язку, що використовують модуляцію BPSK/QPSK, 16-QAM і 64-QAM відповідно, від кількості променів L сигналу.

Для боротьби із завмираннями використовують багатоантенні системи MIMO (Multiple Input Multiple Output – множинний вхід, множинний вихід). Передавач у такій системі посилає n незалежних сигналів, використовуючи m антен. На приймальній стороні кожна з m антен одержує сигнали, які є суперпозицією n сигналів від всіх передавальних антен. Таким чином, сигнал R_1 , прийнятий першою антеною, можна подати у вигляді [7,8]

$$p(r_0) = \begin{cases} \frac{r_0}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{r_0^2}{2\sigma^2}\right], & r_0 \geq 0, \\ 0, & r_0 < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$R_1 = h_{11}T_1 + h_{21}T_2 + \dots + h_{n1}T_n. \quad (6)$$

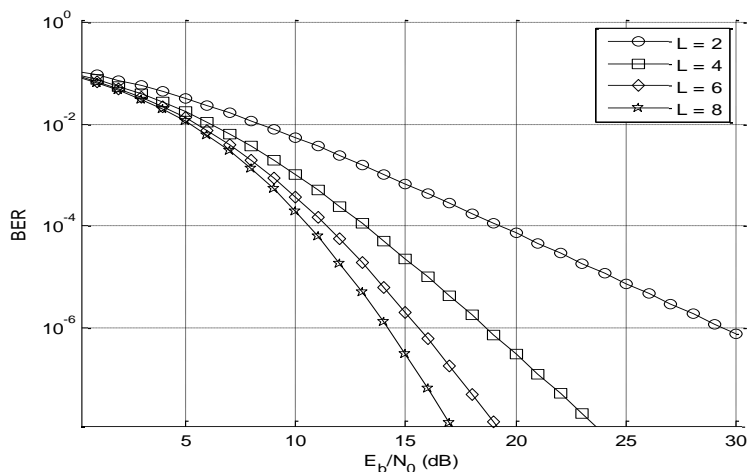


Рис. 2. Залежність BER для модуляції BPSK/QPSK в каналі з релєївськими завмираннями

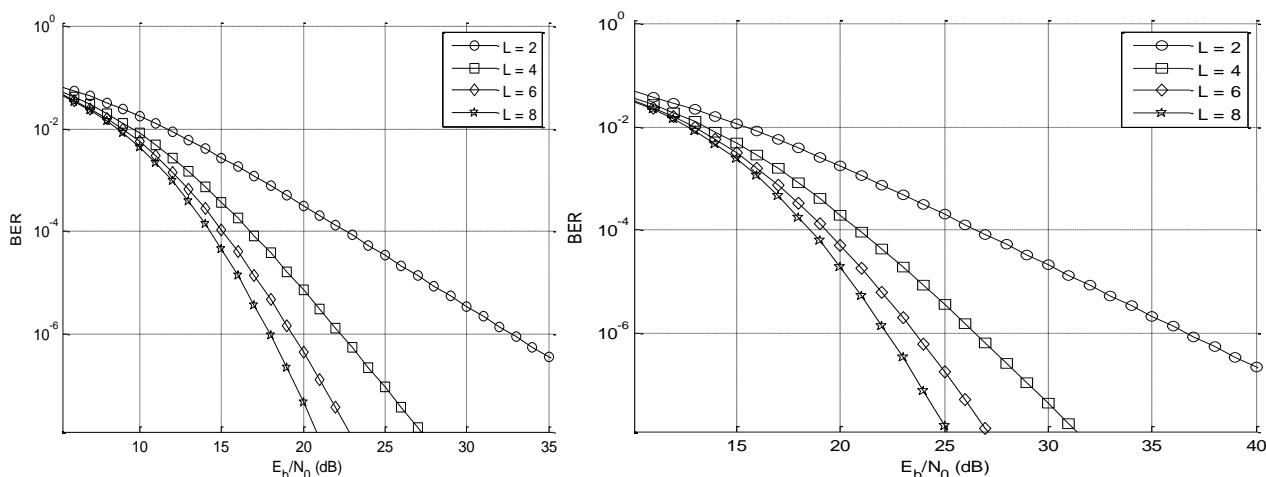


Рис. 3. Залежність BER для модуляції 16-QAM, 64-QAM в каналі з релєївськими завмираннями

Записуючи подібні рівняння для кожної приймальної антени, одержуємо таку систему [7, 8]:

$$\begin{cases} R_1 = h_{11}T_1 + h_{21}T_2 + \dots + h_{n1}T_n; \\ R_2 = h_{12}T_1 + h_{22}T_2 + \dots + h_{n2}T_n; \\ \dots \\ R_m = h_{1m}T_1 + h_{2m}T_2 + \dots + h_{nm}T_n. \end{cases} \quad (7)$$

Або, переписавши даний вираз в матричному вигляді,

$$[R] = [H] \cdot [T], \quad (8)$$

де $[H]$ – матриця перенесення, що описує МІМО-канал зв'язку.

Для того щоб на приймальній стороні декодер міг правильно відновити всі сигнали, він повинен, насамперед, визначити коефіцієнти h_{ij} , що характеризують кожний з $m \times n$ каналів передачі. Для визначення коефіцієнтів h_{ij} у технології МІМО використовується преамбула пакета.

Визначивши коефіцієнти матриці перенесення, можна легко відновити переданий сигнал:

$$[T] = [H]^{-1} \cdot [R], \quad (9)$$

де $[H]^{-1}$ – матриця, зворотна матриці перенесення $[H]$.

На рис. 4 наведена залежність коефіцієнта бітової помилки BER від відношення сигнал/шум SNR для модуляцій BPSK, QPSK, 16-QAM і 64-QAM в каналі з релієвськими завмираннями у 2x1 та 2x2 системах MIMO.

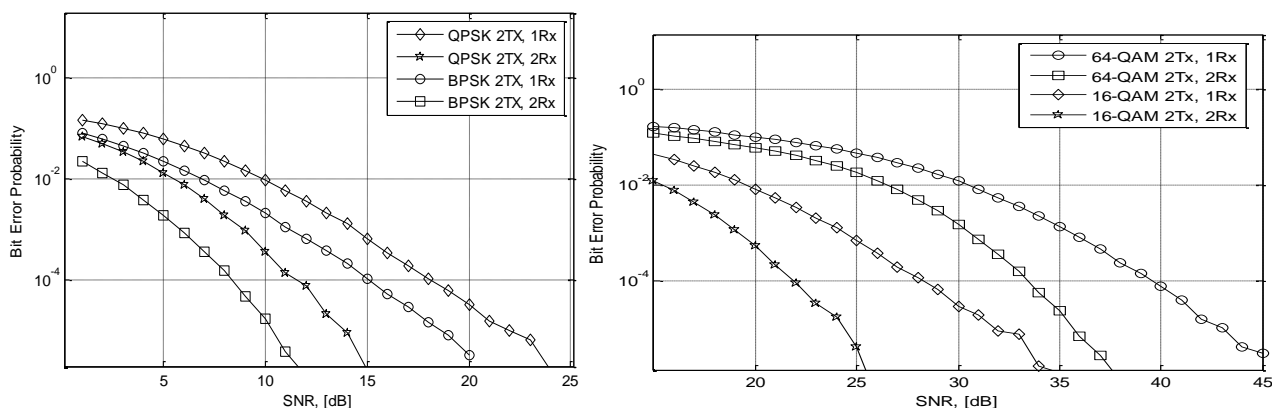


Рис. 4. Залежність BER у 2x1 та 2x2 MIMO-системах для модуляцій BPSK, QPSK, 16-QAM та 64-QAM

З наведених на рис. 4 результатів видно, що з використанням модуляцій 16-QAM та 64-QAM завадостійкість системи знижується. Це пояснюється тим, що зі зростанням порядку модуляції зростає щільність заповнення сигнальними точками сигнального простору.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. У результаті аналізу можна зробити висновок про

те, що використання багатоеlementних антенних решіток підвищує завадостійкість пропорційно кількості використаних антенних систем. Вже при використанні найпростіших систем MIMO 2x1 та 2x2 відношення сигнал/шум збільшується приблизно у півтора рази, чим зменшується вплив шуму на характеристики системи і дозволяється застосування високих порядків модуляції.

Список використаних джерел

1. Van Zelst A., van Nee R., Awater G.A. [Текст] // Proc. of Vehicular Tech. Conf., 2000. VTC 2000-Spring Tokyo. 2000 IEEE 51st. May 2000.V. 2. D. 1070–1074.
2. Van Zelst A. [Текст] // Electrotechnical Conf., 2000. MELECON 2000, 10th Mediterranean. May 2000. V.3.
3. Скляр, Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [Текст] / Б. Скляр; [пер. с англ. Е.Г. Грозы, В.В. Марченко, А.В. Назаренко, О.М. Ядренко]. – 2-е изд. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1104 с.
4. Тхвинский, В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура [Текст] / В.О. Тхвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
5. Столингс, В. Беспроводные линии связи и сети [Текст] / В. Столингс; [пер. с англ.] – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 640 с.
6. Тихвинский, В.О. Стандартизация, спецификации, эволюция технологии и архитектура базовой сети LTE [Текст] / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, К.В. Минаев // Сети и средства связи, №2(10). Спец. выпуск «Сети доступа». – 2009. – № 3. – С. 124-132.

7. B. Sklar [Текст] / Rayleigh fading Channels in mobile digital communication systems. Part-I: characterization, IEEE Commun. Magazine, vol. 35, no. 9, pp. 136–146, Sept. 1997.

8. L. Zheng, D. Tse [Текст] / Diversity and multiplexing: A fundamental tradeoff in multiple antenna channels, vol. 49, pp. 1073–1096, May 2003.

9. Arunabha Ghosh, David R. Wolter, Jeffrey G. Andrews and Runhua Chen [Текст] /Broadband Wireless Access with WiMax/802.16: Current Performance Benchmarks and Future Potential," IEEE Commun. Magazine, vol. 43, no. 2, pp. 129–136, Feb. 2005.

10. Лазарев, Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB[Текст]: учеб. курс. – К.: Издательская группа BHV, 2005. – 512 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор С.І. Приходько

Лисечко Володимир Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортного зв'язку Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (093) 921-61-11, (095) 596-13-30. E-mail: lysechkov@ukr.net

Вінник Ольга Ігорівна, слухачка Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту, електромеханік зв'язку Ясинуватської дистанції сигналізації та зв'язку Донецької залізниці. Тел.: (099) 008-00-48. E-mail: olya.mylis@rambler.ru

Lysechko Volodymyr Petrovych, candidate of techn. sciences, professor of department of Transport telecommunications at Ukraine State Academy of Railway Transport. Тел.: (093) 921-61-11, (095) 596-13-30. E-mail: lysechkov@ukr.net

Vinnyk Olga Igorivna a postgraduate student of Educational and Research Institute of Retraining and Advanced training at Ukraine State Academy of Railway Transport, communication electrician of Yasynuvata Signaling and Communication division at Donetsk railway. Tel.: (099)008-00-48. E-mail: olya.mylis@rambler.ru

УДК 004.89

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАФІКА В МЕРЕЖАХ NGN

О.П. Геніатуліна, д-р техн. наук С.І. Приходько

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАФИКА В СЕТЯХ NGN

Е.П. Гениатулина, д-р техн. наук С.И. Приходько

STUDY TRAFFIC NETWORKS NGN

O. Geniatulina, doctor of techn. sciences S.I. Prikhodko

У статті розглянуто різні методи оцінки якості передачі мовних пакетів, які використовуються при дослідженні надійності мережі NGN. Дані методи дозволять правильно оцінити основні параметри якості роботи мережі NGN. Отримано тимчасові характеристики впливу затримки на якість мови, а також залежності якості мови від втрати пакетів і типів використовуваних кодеків.

Ключові слова: NGN (NextGenerationNetwork), IP-трафік, мовний пакет, джитер, суб'єктивний метод загальної думки, автоматичний метод вимірювання якості передачі мови, метод "планованого параметра погіршення, що розраховується".

В статье рассмотрены различные методы оценки качества передачи речевых пакетов, которые используются при исследовании надежности сети NGN. Данные методы позволят правильно оценить основные параметры качества работы сети NGN. Получены временные характеристики влияния задержки на качество речи, а также зависимости качества речи от потери пакетов и типов используемых кодеков.

Ключевые слова: NGN (NextGenerationNetwork), IP-трафик, речевой пакет, джиттер, субъективный метод общего мнения, автоматический метод измерения качества передачи речи, метод "рассчитываемого планируемого параметра ухудшения".

The article describes the various methods of quality assessment of voice packets transmission, which are used in the study of network reliability NGN. These methods allow to properly assess the quality of the basic parameters of the network NGN. Obtained delay time characteristics influence the quality of speech, and speech quality depends on the packet loss and the types of codecs.

The deployment of Next Generation Networks (NGN) gives a possibility to create and support a broad range of different telecommunication and infocommunication services. The main purpose of NGN is to enable users to the information content they want, in any media, over any facilities, anytime, anywhere, and in any volume. The examples of the most important NGN services that will be important drivers in the NGN environment are Voice and Multimedia Telephony; Data (Connectivity) services; Multimedia services; Virtual Private Networks (VPNs); Public Network Computing; Unified Messaging, Distributed Virtual Reality, Interactive Gaming, Information Brokering, E-Commerce, Call Center Services and others. A large diversity of NGN services leads to dramatic quantitative and qualitative changes in parameters and nature of the data traffic.

Keywords: NGN (Next Generation Network), IP- traffic speech packet jitter. subjective method of consensus, an automatic method for measuring the quality of voice transmission method" parameter calculated projected deterioration."

Вступ. Сучасному періоду розвитку телекомунікацій відповідає все зростаюче збільшення попиту на інфокомунікаційні послуги. Тобто на послуги зв'язку, що припускають автоматизовану обробку, зберігання або надання за запитом інформації з використанням засобів обчислювальної техніки як на входному, так і на вихідному кінці з'єднання.

Телекомунікаційні мережі повинні передавати багатокомпонентну інформацію (мова, дані, відео, аудіо) з необхідною синхронізацією цих компонент у реальному часі [1] і гарантованими параметрами якості обслуговування. Одночасна експлуатація декількох мереж (передачі даних, передачі голосу, передачі відео) не вигідна з економічної точки зору.

Сьогодні бажано мати не ущільнену «цифрою» телефонну проводку і тим більше не цілий комплекс кабелів або проводів з набором радіотерміналів, а якусь нову єдину мультисервісну мережу, яка дозволить отримувати всі послуги за допомогою універсального телекомунікаційного терміналу.

За допомогою інтеграції різних мереж утворюється єдина мережева інфраструктура на базі IP, яка забезпечує надання послуг ATM / FR, Internet, IP- VPN і Ethernet. Такою інфраструктурою є NGN.

Згідно з Рекомендацією МСЕ У.2001 "Мережа наступного покоління" (Next

Generation Network, NGN) - це мережа на базі пакетів, яка здатна надавати служби/послуги електрозв'язку та надавати можливість використовувати декілька широкосмугових транспортних технологій, що забезпечують якість обслуговування, і в якій функції, які стосуються служб, незалежні від нижчих технологій, що належать до транспортування. Вона забезпечує вільний доступ для користувачів за їх вибором до мереж і конкуруючих постачальників служб та/або до служб/послуг. Вона підтримує узагальнену рухливість, яка даватиме можливість постійного і повсюдного забезпечення служб для користувачів [2]. NGN реалізує принцип глобальної доступності послуги - 4Any - Any Service - Anywhere - Anyway - Anytime, тобто будь-яка послуга в будь-якому місці будь-яким способом в будь-який час.

На теперішньому етапі відповідно до ідеології IPCC (International Packet Communication Consortium) NGN являє собою набір різних мереж з забезпеченням їхньої взаємодії. Зрозуміло, при узгодженні різних мереж різних форматів виникають певні труднощі, які позначаються на якості обслуговування.

Постановка проблеми у загальному вигляді та зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Питання забезпечення якості обслуговування, які базуються на теорії телетрафіка, розкриваються

в роботах як російських вчених (Г.П. Башарин, Б.С. Лівшиць, В.І. Нейман, С.Н. Степанов, А.Д. Харкевич, М.А. Шнепс-Шнепп, Г.Г. Яновський), так і зарубіжних (В. Іверсен, Л. Клейнрок, П. Кюн). Деякі аспекти забезпечення якості обслуговування аналізуються в роботах Ю.М. Корнишева, В.К. Стеклова, Л.Н. Беркман, В.В. Крилова.

До питань якості обслуговування для всіх послуг, підтримуваних мережею NGN, зверталися такі автори, як М. Кульгін, Е.А. Кучерявий, П. Фергюсон, Г. Хастон. Регулювання різнорідних потоків трафіка розглядали такі автори: Я. Ванг, С. Патека, Г. Ванг, Е. Лібехерр, а також А.А. Станкевич. Дослідженням параметрів різних трафіків присвячені роботи В. Болотіна, Д. Кумис-Райеса, Д. Хеймана, Х. Елгебалі. Деякі викладки щодо якості обслуговування в NGN були зроблені Н.А. Соколовим і Р. Стівенс-Строхманом.

Виконані даними вченими дослідження та отримані ними результати застосовні для визначення характеристик якості обслуговування в NGN. Однак необхідно також враховувати специфіку архітектури та функціонування пристроїв мережі наступного покоління. З цієї причини необхідно комплексне дослідження параметрів якості обслуговування, розрахунок імовірно-тимчасових характеристик NGN. Не дивлячись на велику кількість матеріалів по розрізних темах (якість обслуговування та мережі NGN), дані питання залишаються відкритими і вимагають детального опрацювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як вже зазначалося, велика кількість матеріалів з обох тем супроводжується невеликим колом інтегральних досліджень. Наукова новизна даної роботи полягає в такому:

- аналіз і виявлення методів забезпечення якості обслуговування, властивих мережам NGN;
- врахування специфіки архітектури NGN при дослідженні параметрів якості обслуговування;
- розрахунок імовірно-тимчасових характеристик NGN;

- аналіз протоколів, використовуваних мережами наступного покоління, за допомогою апарату СМО;

- виявлення інтегральних залежностей "мережа" – "тип трафіка" – "якість обслуговування".

Визначення мети і завдання дослідження. Актуальність даної роботи впливає з необхідності визначити найкраще співвідношення між якістю обслуговування і можливостями мережі NGN.

Об'єктом дослідження є різні типи трафіка, що передаються мережами наступного покоління.

Предмет дослідження – параметри якості обслуговування, характерні для різних видів трафіка.

Метою роботи є дослідження особливостей забезпечення якості обслуговування різних типів трафіка, що реалізуються мережею NGN.

У роботі ставляться такі завдання:

- визначити концепцію побудови мереж NGN, вимоги до архітектури і взаємодію складових частин мережевої архітектури;
- досліджувати вимоги до параметрів якості обслуговування, які висувають різні види трафіка;
- проаналізувати механізми забезпечення якості обслуговування в мережах NGN;
- проаналізувати мережу залежно від закону часу розподілу обслуговування, а також характеристики каналів з інтеграцією голосу і даних;
- виявити фактори, що впливають на якість доставки і обробки різних типів трафіка в мережі NGN.

Основна частина дослідження

Концепція побудови та особливості NGN

Побудова мультисервісних мереж наступного покоління – те, чим зайняті у всьому світі думки фахівців у галузі телекомунікації. Звичайний телефонний зв'язок, стільниковий зв'язок, величезні ресурси мережі Інтернет, IP-телефонія, кабельне телебачення (домашнє відео за запитом) – все це має бути об'єднано в єдину архітектуру (див. рисунок) [3].

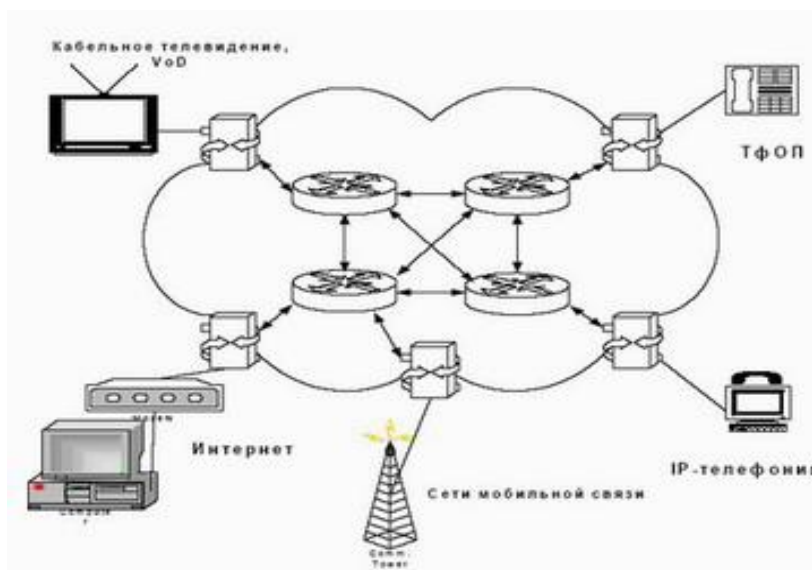


Рис. Мультисервісна мережа нового покоління

Таким чином, мережа NGN повинна забезпечувати необмежений набір послуг, надавати гнучкі можливості щодо їх управління, персоналізації і створення нових видів сервісу за рахунок уніфікації мережевих рішень. Останнє передбачає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесення функцій надання послуг у кінцеві мережеві вузли та інтеграцію з традиційними мережами зв'язку [4]. В основі NGN лежить пакетна мережа передачі даних. Інноваційна сутність технології NGN полягає навіть не в тому, що вона забезпечує більш гнучку, швидкісну і ефективну середу передачі, а в тому, що вона не прив'язана до концепції каналу і забезпечує повномережеві або VPN (віртуальної приватної мережі) клієнта. Дані будь-якого типу (голос, відео, інформація системи охоронно-пожежної сигналізації і т. п.) доставляються туди, куди потрібно, і тоді, коли потрібно. Це досягається за рахунок фізичного і логічного відділення передачі та маршрутизації пакетів, а також обладнання передачі (каналів, маршрутизаторів, комутаторів, шлюзів) від пристроїв і логіки управління викликами і послугами.

Використовувана в мережі логіка підтримує всі типи послуг у мережі з комутацією пакетів, починаючи від базового телефонного зв'язку і закінчуючи передачею даних, зображень, мультимедійної інформації, ширококутними додатками і додатками

управління. Усі інформаційні ресурси стають загальнодоступними по будь-якому середовищі, за яким ці ресурси можуть бути доставлені, незалежно від того, де знаходиться людина.

Зазначені особливості відрізняють мережі NGN від звичайних телефонних та IP-мереж, найбільш широко поширених у світі телекомунікацій. Мережі NGN, будучи результатом злиття звичайних телефонних мереж і мережі Інтернет, об'єднують у собі їхні кращі риси:

- адаптованість для передачі трафіка будь-якого виду, що можна порівняти з адаптованістю мережі Інтернет, на протипагу відсутності гнучкості передачі даних у ТМЗК;

- гарантована якість голосового зв'язку і критично важливих додатків передачі даних, що відповідає надійності ТфОП, на протипагу негарантованій якості зв'язку в мережі Інтернет;

- низька вартість передачі в розрахунку на одиницю об'єму інформації наближається до вартості передачі даних у мережі Інтернет, а не ТфОП [5].

Механізми забезпечення QoS

Основними механізмами забезпечення QoS (Quality of Service) є:

1. Пакетна передача даних. NGN як мережа з комутацією пакетів відповідає моделі системи з очікуванням (ТМЗК відповідає моделі системи з втратою викликів). Заявка, що надійшла в момент зайнятості всіх каналів, не залишить систему, а буде поставлена в чергу. Час звільнення системи для початку обробки

заявки з черги менше, ніж час, необхідний на перезапиту послуги. Крім того, пакетизований голос витрачає смугу пропускання набагато економніше – при мовчанні абонентів інформація не передається.

2. Наявність "тимчасового запасу". Вимірювання, проведені фахівцями Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ) та Європейського інституту телекомунікаційних стандартів, показали, що до зниження якості телефонного зв'язку призводить затримка $T_{кр}$ понад 150 мс. Позначимо час доставки інформації в мережі від вузла А до вузла Б – T_0 . Тоді часовий запас ($T_з$) – це різниця між критичним часом доставки інформації до абонента і реальним часом проходження пакетів через мережу:

$$T_з = T_{кр} - T_0.$$

Часовий запас $T_з$, яким у традиційних мережах зв'язку нехтують, в NGN оперативно надається іншим додаткам, що в цілому позитивно позначається на параметрах QoS [6].

3. Фізичне та логічне відділення передачі та маршрутизації пакетів від пристроїв і логіки управління послугами. Дане архітектурне рішення дозволяє використовувати єдиний програмний інтелект обробки викликів для мереж різних типів (традиційних, пакетних, гібридних) з різними форматами мовних пакетів і з різним фізичним транспортом [7], а також підвищує ступінь керованості процесами і параметрами QoS в мережі наступного покоління.

4. Застосування граничних контролерів сесій SBC (Session Border Controller). Даний пристрій початку орієнтований на велику кількість послуг реального часу (відео, мультимедіа, Instant Messaging), реалізованих в IP-мережі, і задіяний для відстеження показників якості обслуговування в NGN. Трафік, який пропускають через SBC, забезпечується управлінням якістю обслуговування, безпекою, смугою пропускання. Для взаємодії мереж необхідно одночасне використання обох видів устаткування - Softswitch і SBC [8].

5. Використання технології багатопротокольної комутації по мітках MPLS (Multiprotocol Label Switching). Технологія MPLS орієнтована на оптимізацію процесу маршрутизації трафіка таким чином, щоб

забезпечити максимально вигідне поєднання всіх механізмів QoS, задіяних у мережі. Процес маршрутизації замінюється процесом комутації, який здійснюється на основі міток. Істотне підвищення якості роботи (аудіо- та відеоінформація передається комутаторами MPLS з точністю, порівнянною з результатами роботи за прямим з'єднанням) досягається за вказівкою в мітці пропускну здатності, яка повинна бути зарезервована.

Функція MPLS Fast Reroute оперативно реагує (не більш ніж за 50 мс) на обриви зв'язку та перенаправляє інформаційні потоки на неушкоджені ділянки мережі, робить NGN більш надійною, ніж мережі SDH.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. При проектуванні та побудові мережі NGN необхідно враховувати не тільки ефективне розташування обладнання, а й тип переданої по цій мережі інформації. Оскільки мережа використовується не тільки для передачі мовної інформації, але і для передачі даних, важливо враховувати характер взаємодії різних вузлів NGN мережі і забезпечувати мінімальні затримки і мінімальний рівень втрат. Можна сказати, що повна тимчасова затримка мовного трафіка ділиться на дві основні частини: затримки на кодування і декодування на шлюзах, і затримки вносяться самою мережею. Зменшити загальну затримку можна двома шляхами: по-перше, спроектувати інфраструктуру мережі таким чином, щоб затримка в ній була мінімальною, по-друге, зменшити час обробки даних у мовному шлюзі. Для зменшення затримки в мережі NGN потрібно скорочувати кількість транзитних ділянок між маршрутизаторами, а в найбільш важливих місцях мережі використовувати високошвидкісні канали. Для зменшення розкиду затримок можна використовувати ефективні методи управління трафіком, наприклад механізми резервування, які безпосередньо впливають на надійність мережі в цілому. Виділені мережі IP-телефонії зазвичай використовуються для міжміського та міжнародного зв'язку. Такі мережі краще будувати за принципом багаторівневої ієрархічної мережі, де на кожен рівень покладаються свої певні функції. На вході в мережу NGN головне забезпечити підключення мовних шлюзів, а всередині мережі – високошвидкісну пересилку трафіка.

Список використаних джерел

1. Проектування регіональної територіально-розподіленої телекомунікаційної мережі [Текст]: метод. вказівки до курс., дипл. проектування та практ. занять з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі» / С.І. Приходько, О.С. Жученко, В.П. Лисечко, Г.С. Безверха. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 165 с.
2. ITU-T Y.1541. Network Performance objectives for IP-based services, Amendment 3, 2008. – 357 с.
3. Филимонов, А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / А.Ю. Филимонов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 592 с.
4. Семенов, Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения [Текст] / Ю.В. Семенов. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.
5. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
6. Концепція побудови та модернізації цифрової мережі зв'язку та передачі даних залізничного транспорту [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 1999. – 78 с.
7. Волков, В.М. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.М. Волков А.К. Лебединский, А.А. Павловский, Ю.В. Юркин; под ред. В.М. Волкова. – М.: Транспорт, 1996. – 342 с.
8. ВБН В.2.2-33-2007. Проектування телекомунікацій. Споруди станційні місцевих телефонних мереж [Текст]. – Введ. 2007-01-01. – К.: Видавництво стандартів, 2007. – 85 с.
9. Кеннеди, Кларк. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco [Текст] / Кларк Кеннеди, Кевин Гамильтон. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 976 с.

Геніатуліна Олена Павлівна, спеціаліст з автоматизації та автоматизації на транспорті, Українська державна академія залізничного транспорту.

Приходько Сергій Іванович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортного зв'язку Української державної академії залізничного транспорту

Geniatulina Olena, spetsialist s automation that avtomatizatsii on transporti Ukraine State Academy of Railway Transport.

Prikhodko Sergei, doctor of technical sciences, professor, head of the transport connection Ukrainian State Academy of Railway Transport.

**ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ, ДОРОЖНІ, БУДІВЕЛЬНІ,
МЕЛІОРАТИВНІ МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ**

УДК 621.829

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛИВ ТА РОБОЧИХ РІДИН
БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН**

Кандидати техн. наук С.В. Воронін, Д.В. Онопрейчук,
асист. О.В. Кебко, І.В. Ляшенко

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАСЕЛ И РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

Кандидаты техн. наук С.В. Воронин, Д.В. Онопрейчук,
ассист. А.В. Кебко, И.В. Ляшенко

**INVESTIGATION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF THE OILS AND FLUIDS
CONSTRUCTION MACHINERY**

Cand. of techn. sciences S.V. Voronin, cand. of techn. sciences D.V. Onopreychuk,
assistant A.V. Kebko, I.V. Ljashenko

Розглядаються експериментальні дослідження електричних властивостей олив та робочих рідин. На основі експериментальних даних визначено вольт-амперну характеристику цих рідин. Отримані характеристики можуть бути використані як діагностичний параметр поточного стану олив та робочих рідин.

Ключові слова: електричні властивості, олива, робоча рідина, вольт-амперна характеристика, діагностування.

Рассматриваются экспериментальные исследования электрических свойств масел и рабочих жидкостей. На основе экспериментальных данных определена вольт-амперная характеристика данных жидкостей. Полученные характеристики могут быть использованы в качестве диагностического параметра текущего состояния масел и рабочих жидкостей.

Ключевые слова: электрические свойства, масло, рабочая жидкость, вольт-амперная характеристика, диагностирование.

This article discusses the experimental study of the electrical properties of working fluids and oils. These studies are based on the fact that the condition of the additives dissolved in the oils coming to the liquid crystal. As is well known nonlinear liquid crystals react to external electric and magnetic fields. It is this non-linearity is the main cancellation additive that is present in most oils. On the basis of experimental data set character changing the current of the voltage as in oils with additives, and without them. The presence of additives in oil significantly affects the character of the current - voltage characteristics, expressed in the emergence of non-linearity. Comparison of the current - voltage characteristics of the oils research shows that the nonlinearity increase with increasing the effectiveness of additives. Thus obtained pattern can be used as diagnostic parameter of the current state of oil and working fluids.

Keywords: electrical properties, oil, hydraulic fluid, the current-voltage characteristic of diagnosis.

Вступ. Сьогодні система технічного обслуговування (ТО) будівельних машин включає в себе діагностування окремих елементів машини, діагностування мастильних

матеріалів, зокрема таких, як моторна олива, робоча рідина (РР) і т.д., особливо бортове діагностування практично відсутнє. Відомо, що саме від таких мастильних матеріалів залежить

надійність машини в цілому [1–3]. Для покращення мастильних властивостей оливо у них додають функціональні присадки, які формують на поверхнях тертя граничну плівку та зменшують тертя та знос елементів машини (гідропривода, двигуна внутрішнього згорання і т.д.).

У процесі роботи машини олива втрачає мастильні властивості через спрацювання присадок [4], тобто навіть при дотриманні правил заміни оливо неможливо забезпечити максимальну захисну функцію від дії присадки. Це призводить до потреби у вдосконаленні системи ТО машин за рахунок застосування поточного контролю стану оливо за параметром її змащувальної дії.

Останнім часом виконуються науково-дослідні роботи, спрямовані на розроблення засобів та методів діагностування якості мастильних матеріалів. У цих дослідженнях як діагностичні параметри розглядаються або механічні властивості граничної плівки чи її несуча здатність [5], або її електричні властивості (діелектрична проникність, електропровідність тощо) [6, 7].

Недоліком перших є складність реалізації при проведенні бортового діагностування, другі – простіші у технічному виконанні, однак мають змінну за часом інформативність, оскільки по мірі напрацювання оливи в ній накопичуються домішки, що спотворюють вихідні сигнали. При розробленні ефективних методів бортового діагностування оливо слід вести пошук таких діагностичних параметрів, зміна яких по мірі напрацювання оливи не призводила б до втрати інформативності, тобто відображала реальний стан присадки на час проведення діагностування.

Вирішення такої задачі неможливе без вивчення природи, властивостей та поведінки присадок, розчинених в оливі. Згідно з численними дослідженнями стан присадки в оливах наближається до рідкокристалічного [8, 9], а, як відомо, рідкі кристали нелінійно реагують на зовнішні електричні та магнітні поля [10]. Саме така нелінійність є головною відмінною рисою присадки, яка відсутня у більшості домішок в оливах.

Метою дослідження є експериментальне визначення вольт-амперних характеристик оливо із присадками та визначення можливості застосування цих характеристик як діагностичного параметра.

Виклад основного матеріалу.

Досліджувалися такі мастильні матеріали: олива індустріальна И-20А, що відповідає ГОСТ 20799-88; робоча рідина МГЕ 46 В, що відповідає ГОСТ 17479.3-85; олива моторна М14В2, що відповідає ГОСТ 12337-84. Ці оливи, окрім індустріальної, мають поліпшені експлуатаційні властивості та рекомендовані до використання в гідроприводах будівельних та колійних машин (МГЕ 46 В) та двигунах внутрішнього згорання локомотивів (М14В2). Індустріальна олива використовувалась у дослідженнях як порівняльна, оскільки не містить присадок.

Для проведення експерименту з встановлення вольт-амперних характеристик оливо із присадками був розроблений спеціальний вимірювальний стенд, зображений на рис. 1.

Методика визначення вольт-амперної характеристики оливо полягає в такому. Ретельно зачищаються та знежирюються електроди 1, 2. Зазор між електродами у вимірювальній комірці 3 виставляється за допомогою мікроскопа. Значення зазора обирається з міркувань максимального впливу граничної плівки на електропровідність міжелектродного простору. Потім у вимірювальну комірку подають випробовувану оливу, яка за допомогою нагрівача 4 нагрівається до необхідної температури (в даному експерименті $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Після чого на електроди подається напруга з кроком 0,1 В та знімаються показники сили струму з міліамперметра 10. Збільшення напруги триває до настання пробою.

Для визначення мінімально необхідної повторюваності дослідів були проведені попередні вимірювання. Десятикратно вимірювались значення сили струму при нарузі 0,5 В та температурі оливи И-20А $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Мінімально необхідна повторність вимірювань визначається нерівністю [11]

$$n_{\min} \geq \frac{\sigma^2 \cdot t_{kp}^2}{\Delta^2 \cdot h_{cp}^2}, \quad (1)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення вимірів;
 t_{kp} – табличне значення коефіцієнта Стюдента, $t_{kp}=1,81$ [11] при надійності результатів $P=0,9$;

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

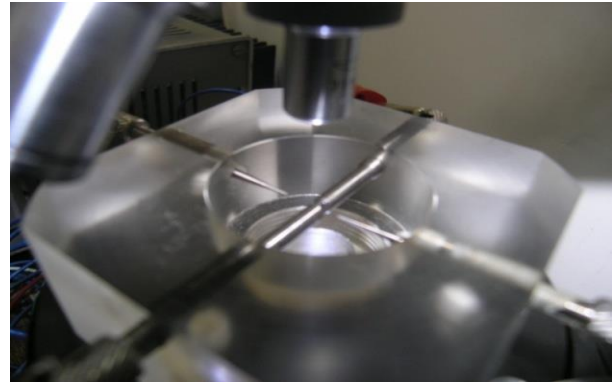
Δ – допустима відносна похибка вимірів, $\Delta=0,5$ [12];

h_{cp} – середнє арифметичне значення результатів вимірів.

За попередніми вимірами та розрахунками була встановлена трикратна

повторність, після чого проводився основний експеримент.

Результати проведених досліджень зображені на рис. 2-4.



а)

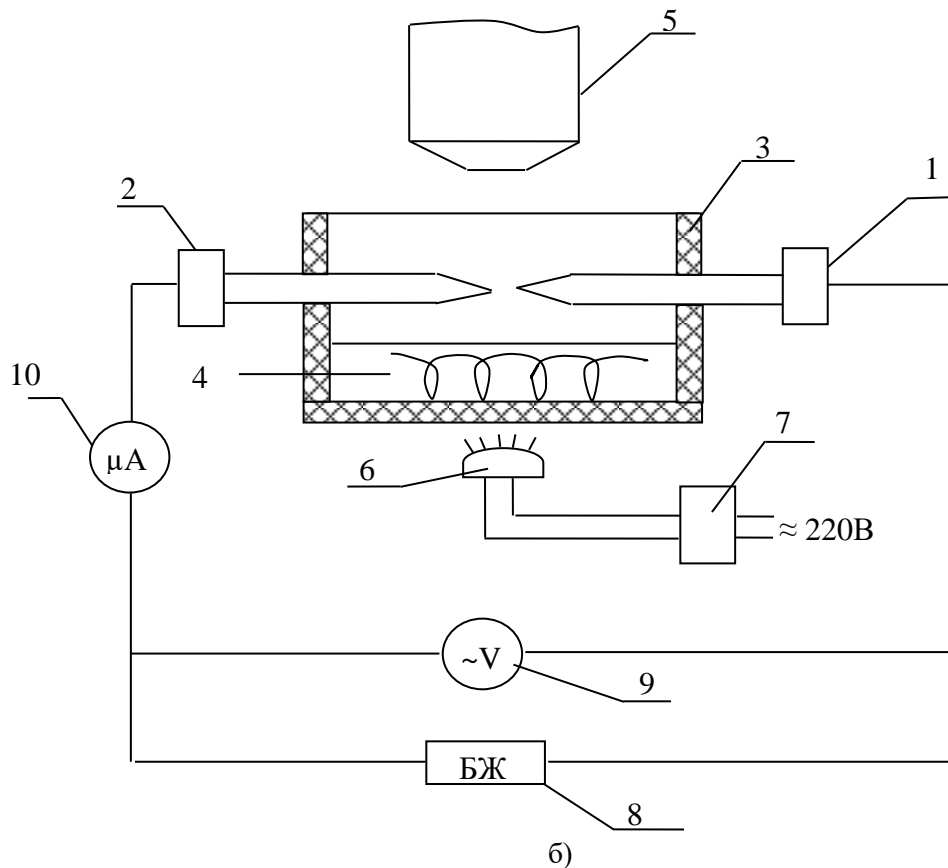


Рис. 1. Вимірювальний стенд: а – зовнішній вигляд вимірювального стенду; б – схема вимірювального стенду: 1, 2 – електроди; 3 – вимірювальна комірка; 4 – нагрівач; 5 – окуляр мікроскопа; 6 – джерело світла; 7 – блок регулювання потужності світла; 8 – джерело живлення Б5 – 48; 9 – вольтметр; 10 – міліамперметр

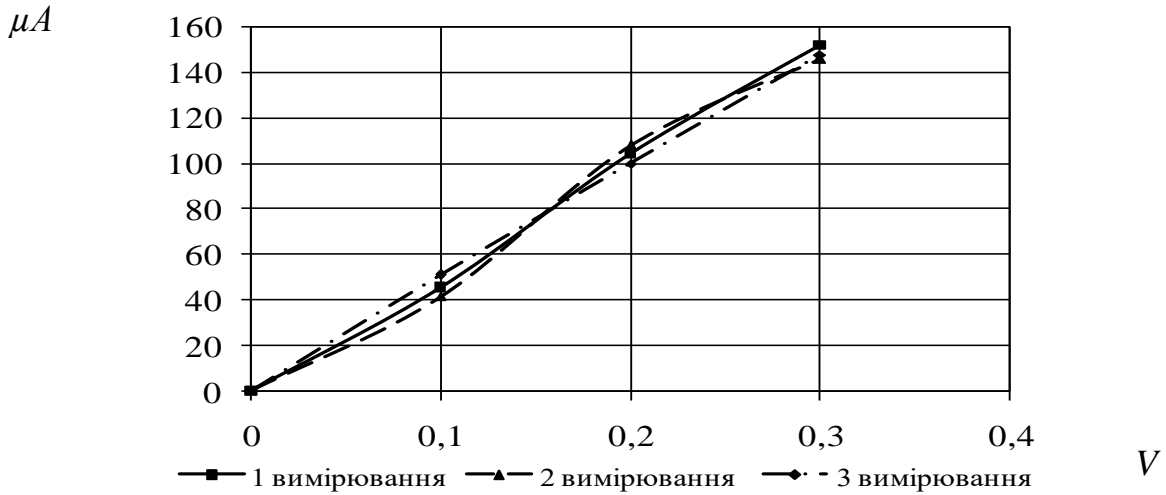


Рис. 2. Вольт-амперна характеристика оливи індустриальної И-20А

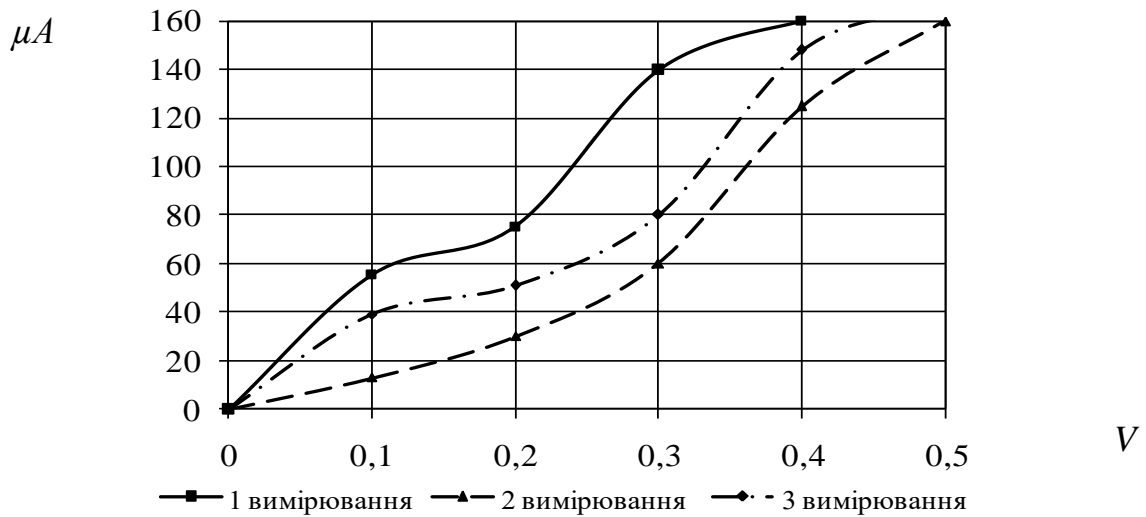


Рис. 3. Вольт-амперна характеристика оливи гідравлічної МГЕ-46В

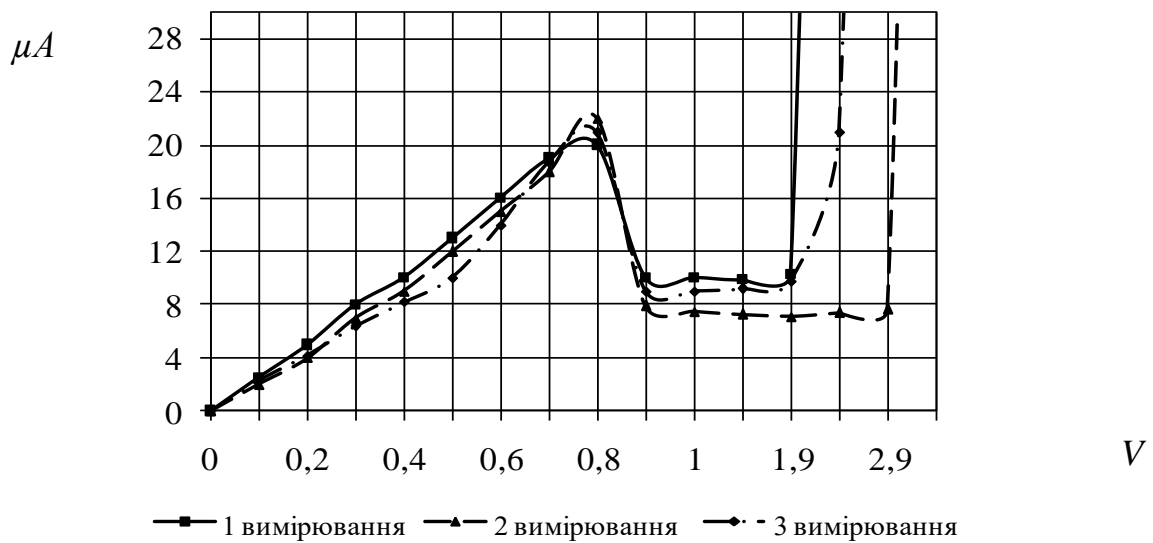


Рис. 4. Вольт-амперна характеристика оливи моторної М14В2

За результатами проведених досліджень при виконанні прямого фізичного експерименту були отримані графічні залежності струму в міжелектродному просторі від прикладеної напруги для обраних мастильних матеріалів (рис. 2-4).

Отримані залежності показують, що при відсутності присадок в оливі, для індустріальної оливи И-20А, яка практично не містить присадок (рис. 2), залежність зміни струму від напруги має лінійний характер. Тобто це говорить про те, що в цьому діапазоні прикладеної напруги від 0 до 0,3 В справедливий закон Ома, який стверджує, що струм пропорційний напрузі. При подальшому збільшенні напруги спостерігається пробій, який пов'язаний з тим, що носій заряду на довжині вільного пробігу набуває енергію, достатню для ударної іонізації молекул оливи.

Для гідравлічної оливи МГЕ-46В, яка містить поверхнево-активні речовини (присадки), спостерігається поява нелінійності вольт-амперної характеристики зі збільшенням напруги (рис. 3).

Закономірність зміни сили струму від напруги для оливи М14В2 (рис. 4) показує, що на ділянці від 0 до 0,8 В вольт-амперна характеристика має лінійний характер, тобто зберігається закон Ома. З подальшим

збільшенням напруги спостерігається максимум та подальше падіння струму. Починаючи з 0,9 В сила струму стабілізується на мінімальному рівні та не змінюється в діапазоні напруги від 0,9 до 2 В, після чого настає пробій. Такий характер кривої пов'язаний із структурними перетвореннями присадки в зазорі [13] та утворенням на поверхнях електродів граничної плівки, яка забезпечує екранування носіїв заряду.

Висновки:

1. На основі експериментальних даних встановлений характер зміни сили струму від напруги в оливах як з присадками, так і без них. Наявність присадок в оливі суттєво впливає на характер зміни сили струму від напруги в міжелектродному просторі. Поява нелінійності у вольт-амперній характеристиці очевидно пов'язана з ступенем активності та концентрацією присадки в оливі.

2. З порівняння вольт-амперних характеристик досліджуваних олив випливає, що нелінійність зростатиме із зростанням ефективності дії присадки. Таким чином, за характером встановлених кривих можна оцінювати якість олив та поточний стан їх трибологічних властивостей за критерієм наявності та ступенем активності присадки.

Список використаних джерел

1. Руднев, В.К. Повышение эксплуатационной надежности гидроприводов строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. пособие / В.К. Руднев, Е.Н. Лыиков, Е.С. Венцель. – К.: УМК ВО, 1989. – 136 с.
2. Руднев, В.К. Эксплуатационные материалы для строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. пособие / В.К. Руднев, Е.С. Венцель, Е.Н. Лыиков. – К.: ИСИО, 1993. – 236 с.
3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости: Ассортимент и применение [Текст]: справ. изд. / К.М. Бадыштова [и др.]; под ред. В.М. Школьников. – М.: Химия, 1989. – 431 с.
4. Стефанов, В.О. Підвищення довговічності гідроагрегатів засобів залізничного транспорту шляхом інтенсифікації формування змащувального шару [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / В.О. Стефанов. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 20 с.
5. Способи визначення несучої здатності мастильної плівки та придатності мастильного матеріалу до використання [Текст]: пат. на спосіб 93616, Україна, МПК7:G01N33/26, G01N27/02 / Є.М. Лисіков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронін, С.В. Літовка. – № а 2009 08624; заявл. 17.08.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4.
6. Бабенко, А.О. Діагностування терміну служби будівельних машин за електропровідністю змащувального мастила [Текст] / А.О. Бабенко, Р.В. Нечипорук // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С.330-334.
7. Лыиков, Е.Н. Контроль смазочной пленки ПАВ в контакте трибосопряжения по ее диэлектрической проницаемости [Текст] / Е.Н. Лыиков, В.Б. Косолапов, С.В. Косолапов // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 130. – С.145-150.

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

8. Лысыков, Е.Н. Перспективы использования жидких кристаллов в качестве присадок для улучшения эксплуатационных свойств жидких смазочных сред путевых и строительных машин [Текст] / Е.Н. Лысыков, С.В. Воронин // 3б. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 91. – С.101-109.

9. Нанотехнології на залізничному транспорті [Текст]: навч. посібник / Є.М. Лисіков, С.В. Воронін, О.О. Скорик, Д.В. Онопрейчук. – Харків: ДІСА ПЛЮС, 2013. – 212 с.

10. Адамчик, А.А. Жидкие кристаллы [Текст] / А.А. Адамчик; под. ред. И.Г. Чистякова; пер. с польск. – М.: Сов.Радио, 1979. – 160 с.

11. Грушко, И.М. Основы научных исследований [Текст] / И.М. Грушко, В.М. Сиденко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1983. – 224 с.

12. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях [Текст] / М.С. Винарский, М. В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.

13. Лысыков, Е.Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем [Текст] / Е.Н. Лысыков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин. – Харьков: ЭДЭНА, 2009. – 274 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор М.П. Ремарчук

Воронін Сергій Володимирович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. роб. 057-730-10-66.

Онопрейчук Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, асистент кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. роб. 057-730-10-72.

Кебко Олександр Вікторович, асистент кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. роб. 057-730-10-72.

Ляшенко Ігор Вікторович, магістр групи МЗ-БКМ-12, Українська державна академія залізничного транспорту.

Voronin Serhij, kand. tekhn. sciences, associate professor, manager of department of build, travel and freight-unloading machines. Ukrainian state academy of railway transport.

Onoprechuk Dmytro, kand. tekhn. sciences, assistant of department of build, travel and freight-unloading machines. Ukrainian state academy of railway transport.

Kebko Oleksandr Victor, assistant of department of build, travel and freight-unloading machines. Ukrainian state academy of railway transport.

Lyashenko Ihor, master's degree of group MZ-BKM-12, Ukrainian state academy of railway transport.

ЗАЛІЗНИЧНІ СПОРУДИ ТА КОЛІЙНЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 004.89

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКРЕПЛЕНИЙ КБ И КПП-5 ПЕРЕМЕЩЕНИЯМ РЕЛЬСОВ В ПРОДОЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Д-р техн. наук А.Н. Даренский, магистрант ИППК Р.А. Дудник

ОПІР ПРОМІЖНИХ СКРІПЛЕНЬ КБ І КПП-5 ПЕРЕМІЩЕННЯМ РЕЙОК У ПОЗДОВЖНІЙ ПЛОЩИНІ

Д-р техн. наук О.М. Даренський, магістрант ІППК Р.О. Дудник

RESISTANCE INTERMEDIATE FASTENINGS KB AND KPP-5 MOVEMENT OF THE RAIL IN THE LONGITUDINAL PLANE

Doct. of techn. sciences A.N. Darenskiy, master student Training Institute R.A. Dudnik

Получены аналитические выражения, позволяющие определить сопротивления скреплений КБ и КПП-5 перемещениям рельсов в продольной плоскости.

Ключевые слова: рельсовые скрепления типа КПП-5, КБ, пространственная жесткость, сила трения на контактах подошвы рельса и двух клемм.

Отримані аналітичні вирази, які дають змогу визначити опір скріплення КБ та КПП-5 переміщенням рейок у поздовжній площині

Ключові слова: рейкові скріплення типу КПП-5, КБ, просторова жорсткість, сила тертя на контактах подошви рейки і двох клем.

The analytical expressions are received, allowing to define resistance of fastenings of KB KPP-5 to movings of rails to a longitudinal plane

Keywords: rail fastening type of check KPP-5, KB, horizontal bend, frictional force on the contacts of the rail foot and two terminals.

Введение. Динамическое воздействие подвижного состава на путь можно представить как систему вертикальных, горизонтальных поперечных и горизонтальных продольных сил, изменяющихся во времени. Величина этих динамических сил зависит не только от характеристик подвижного состава, но и во многом от характеристик пути. К этим характеристикам относятся, в частности, характеристики пространственного сопротивления скреплений перемещениям рельсов.

Анализ исследований и публикаций по данной проблеме. В работе [1] предложена математическая модель жесткости скрепления типа КБ, при действиях на узел скрепления либо вертикальных, либо горизонтальных поперечных сил. Аналогичные модели были

разработаны для скреплений типа КПП-5. В работе [3,5] экспериментальными исследованиями определены жесткости прокладок, пружинных шайб и клемм для скрепления КБ. Однако в работе [5] отмечается, что на жесткость этих скреплений при горизонтальном поперечном изгибе и кручении рельсов влияет также величина вертикальной нагрузки. Работа скреплений при совместном действии вертикальных и горизонтальных сил в этих работах не рассматривалась.

Постановка задач. Анализ работы скреплений типа КБ и КПП-5 при совместном действии вертикальных и горизонтальных продольных сил посвящена эта статья.

Основная часть. *Продольные горизонтальные сопротивления скреплений КБ.*

Рассмотрим работу узла скрепления при совместном действии на него вертикальной и горизонтальной нагрузки от рельса. Продольные перемещения сечения рельса X , расположенного по оси симметрии скрепления (по осям клеммных и закладных болтов), можно представить как сумму перемещений за счет системы «подрельсовая прокладка – клеммы» (система 1) X_1 и перемещений системы «нашпальная прокладка – закладные болты» (система 2) X_2

$$X = X_1 + X_2 . \quad (1)$$

И в 1-й и во 2-й системах есть элементы, которые работают упруго. Тогда, выражая продольные перемещения через горизонтальную реакцию скрепления R_x и продольные жесткости систем C_{x1} и C_{x2} , получим

$$\frac{R_x}{C_x} = \frac{R_x}{C_{x1}} + \frac{R_x}{C_{x2}} . \quad (2)$$

После преобразований горизонтальная продольная жесткость узла скрепления может быть определена как:

$$C_x = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}} , \quad (3)$$

где C_x – продольная жесткость всего узла скрепления, кН/мм.

Рассмотрим составляющие сопротивления продольным перемещениям 1-й системы (рис. 1). Условие равновесия сил системы 1

$$R_x = 2F_{mp} + Q_p^c , \quad (4)$$

где F_{mp} – сила трения на контактах подошвы рельса и двух клемм, кН;

Q_p^c – упругое сопротивление подрельсовой прокладки при сдвиге, кН.

Силу трения клеммы по подошве рельса при его горизонтальном перемещении нужно определять с учетом действия вертикальной нагрузки на узел скрепления R_y .

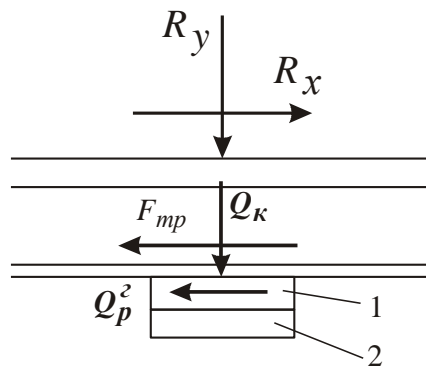


Рис. 1. Расчетная схема для определения продольных сопротивлений системы 1: 1 – подрельсовая прокладка; 2 – подкладка

При действии силы R_y происходит упругое сжатие подрельсовой прокладки и уменьшение за счет этого начального монтажного натяжения клеммных болтов. Тогда силу трения можно определить из выражения [1]

$$F_{mp} = \frac{1}{2} \left(Q_k^{нач} - R_y \frac{Ж_{ш}}{U_p^{дин} + \frac{Ж_{ш}}{2}} \right) \cdot f , \quad (5)$$

где $Q_k^{нач}$ – начальное монтажное натяжение клеммных болтов, кН;

$Ж_{ш}$ – жесткость пружинной шайбы, кН;

$U_p^{дин}$ – динамическая жесткость подрельсовой прокладки при сжатии, кН/мм [3];

f – коэффициент трения клемм по подошве рельса (сталь–сталь).

Начальное монтажное натяжение клеммных болтов [4]:

$$Q_k^{нач} = M_{мон} \cdot K ,$$

где $M_{мон}$ – момент закручивания гаек клеммных болтов при монтаже скрепления ($M_{мон} = 150$ Нм);

K – коэффициент перехода от момента закручивания гайки к силе натяжения клеммного болта ($K = 136,5 \frac{1}{M}$ [4]).

Силу упругого сопро­тив­ле­ния подрельсовой проклад­ки сдвигу при продольных перемеще­ниях рельса формула (4) можно представить так:

$$Q_p^2 = U_p^2 \cdot X_1,$$

где U_p^2 – горизонтальная жесткость подрельсовой проклад­ки при сдвиге, кН/мм.

Выполненными экспериментальными исследованиями установлено [3], что параметр U_p^2 зависит от величины сжатия проклад­ки вертикальными силами клеммного нажатия и вертикальными динамическими силами, действующими на узел скрепления. В общем виде, с учетом всех влияющих факторов, горизонтальная жесткость подрельсовой проклад­ки при сдвиге определяется как [1]

$$U_p^2 = \alpha_1 \left(\frac{M_{мон}}{\kappa \cdot U_p^{cm}} + \frac{R_y}{U_p^{дин} + \frac{Ж_{ш}}{2}} \right)^{\beta_1}, \quad (6)$$

где U_p^{cm} – вертикальная жесткость подрельсовой проклад­ки при статистическом нагружении [3], кН/мм;

α_1 и β_1 – эмпирические коэффициенты.

$$R_x = C_{x2} \cdot X_2; \quad Q_{ш}^2 = U_{ш}^2 \cdot X_2; \quad Q_3 = D_3 \cdot X_2,$$

получим

$$C_{x2} = U_{ш}^2 + 2D_3, \quad (9)$$

где $U_{ш}^2$ – горизонтальная жесткость на­ш­паль­ной проклад­ки при сдвиге, кН/мм;

D_3 – жесткость закладного болта при сдвиге подкладки, кН/мм.

Горизонтальная жесткость на­ш­паль­ной проклад­ки при сдвиге определена экспериментально [3] как функция величины ее сжатия монтажным натяжением закладных

Остальные обозначения в формуле (6) прежние.

Переходя в формуле (4) от сил сопро­тив­ле­ния продольным перемеще­ниям к функциям упругих и неупругих (фрикционных) характеристик элементов первой системы

$$C_{x1} = \frac{R_x}{x_1}, \text{ окончательно получим}$$

$$C_{x1} = \frac{2F_{mp}}{x} + U_p^2. \quad (7)$$

Здесь первое слагаемое представляет собой фрикционную составляющую. Величина U_p^2 определяется выражением (6).

Сопро­тив­ле­ние 2-й системы «нашпальная проклад­ка – закладные болты» продольным перемеще­ниям рельса можно определить как

$$R_x = Q_{ш}^2 + 2Q_3, \quad (8)$$

где $Q_{ш}^2$ – упругое сопро­тив­ле­ние на­ш­паль­ной проклад­ки при сдвиге, кН [3];

Q_3 – упругое сопро­тив­ле­ние закладного болта продольным перемеще­нием подкладки, кН.

Переходя от упругих сил к функциям жесткостей упругих элементов, учитывая, что

болтов и вертикальными динамическими силами:

$$U_{ш}^2 = \alpha_2 \left(\frac{2M_{мон}}{\kappa U_{ш}^{cm}} + \frac{R_y}{U_{ш}^{дин} + 2Ж_{ш}} \right)^{\beta_2}, \quad (10)$$

где $M_{мон}$ – монтажное натяжение закладных болтов (120 Н·м);

$U_{ш}^{cm}$ и $U_{ш}^{дин}$ – статистическая и динамическая жесткости на­ш­паль­ной проклад­ки при сжатии, кН/мм [3];

α_2 и β_2 – эмпирические коэффициенты.

Остальные обозначения в формуле (10) прежние.

Жесткость закладных болтов при сдвиге подкладки зависит [6] от момента закручивания их гаек:

$$D_3 = \alpha_3 M^{\beta_3}.$$

С учетом действия вертикальных сил R_y величина D_3 при динамическом нагружении узла скрепления определится по формуле

$$D_3 = \alpha_3 \left(M_{\text{монт}} - \frac{R_y}{\kappa(U_{\text{ш}}^{\text{дин}} + 2J_{\text{ш}})} \right)^{\beta_3}. \quad (11)$$

Здесь все обозначения прежние.

Продольные сопротивления перемещениям рельсов скрепления КПП-5

Проведенное авторами экспериментальное исследование упругих характеристик элементов промежуточных скреплений типа КПП-5, в том числе подрельсовых прокладок этого скрепления, не выявило, в отличие от прокладок скрепления типа КБ, их упругости при сдвиге [5]. Этот факт можно объяснить характеристиками полиуретана, из которого они изготовлены.

Следовательно, силы сопротивления продольным перемещениям рельса будут представлять собой трения силы трения изолирующего вкладыша по верхней грани подошвы рельса и силу трения подошвы рельса по подрельсовой прокладке

$$R_x = 2F_{\text{тр}}^{\kappa} + F_{\text{тр}}^{\text{np}}. \quad (12)$$

Или иначе

$$Q_{\text{кл}}^{\text{дин}} = \frac{1}{2} y_{\text{np}}^{\text{м}} U_{\text{np}}^{\text{ст}} - \Delta y J_{\text{кл}}; \quad Q_{\text{np}}^{\text{дин}} = y_{\text{np}}^{\text{м}} U_{\text{np}}^{\text{ст}} + \Delta y U_{\text{np}}^{\text{дин}}, \quad (14)$$

где $U_{\text{np}}^{\text{ст}}$, $U_{\text{np}}^{\text{дин}}$ – статистическая и динамическая жесткость подрельсовых прокладок при сжатии, кН/мм;

$J_{\text{ш}}$ – жесткость упругой клеммы (кН/мм);

$y_{\text{np}}^{\text{м}}$ – величина сжатия прокладки при монтаже узла скрепления, мм;

$$R_x = 2f_{\text{м}} Q_{\text{кл}}^{\text{дин}} + f_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{дин}}, \quad (13)$$

где $f_{\text{м}}$ и $f_{\text{н}}$ – коэффициенты трения изолирующего вкладыша по подошве рельса (капролактан – сталь) и подошва по прокладке (сталь – полиуретан);

$Q_{\text{кл}}^{\text{дин}}$ – сила клеммного прижатия при действии на узел скрепления вертикальной нагрузки R_y , кН;

$Q_{\text{np}}^{\text{дин}}$ – сила сопротивления прокладки совместному сжатию двумя клеммами и вертикальной нагрузкой R_y , кН.

Величины $Q_{\text{кл}}^{\text{дин}}$ и $Q_{\text{np}}^{\text{дин}}$ получены в [2] как функции упругих характеристик элементов скрепления и их вертикальных деформаций:

Δy – вертикальные упругие деформации при нагрузках R_y , мм.

Тогда продольную силу сопротивления перемещениям R_x можно определить как

$$R_x = f_{\text{м}} y_{\text{np}}^{\text{м}} U_{\text{np}}^{\text{ст}} - 2f_{\text{м}} \Delta y J_{\text{кл}} + f_{\text{н}} y_{\text{np}}^{\text{м}} U_{\text{np}}^{\text{ст}} + f_{\text{н}} \Delta y U_{\text{np}}^{\text{дин}}.$$

После преобразований получим

$$R_x = y_{np}^m U_{np}^{cm} (f_m + f_{np}) + \Delta y (f_{np} U_{np}^{дин} - 2f_m \mathcal{K}_{кл}) . \quad (15)$$

Кроме сопротивлений продольным перемещениям, промежуточные скрепления создают в продольной плоскости реактивные моменты сопротивлений поворотам сечений рельсов.

Жесткость при кручении скрепления КБ

При скреплении КБ угол поворота сечения рельса φ , рад, расположенного по

осям клеммных и закладных болтов (рис. 2), будет складываться из угла поворота за счет неравномерного сжатия подрельсовой прокладки φ_1 и неравномерного сжатия нащпальной прокладки φ_2 :

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 .$$

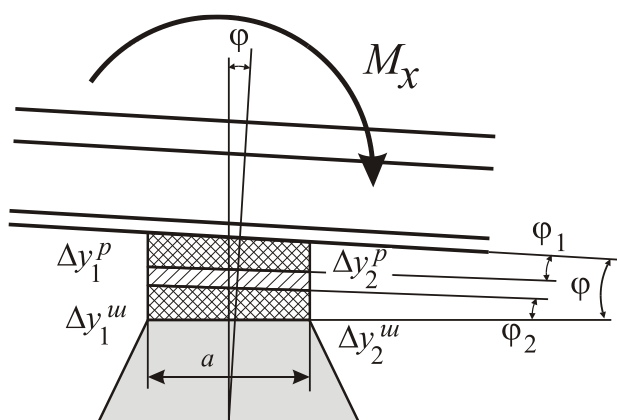


Рис. 2. Расчетная схема для определения угла поворота сечения рельса

Учитывая малые значения углов, можно определить:

$$\varphi_1 = \frac{\Delta y_1^p - \Delta y_2^p}{a} ; \varphi_2 = \frac{\Delta y_1^ш - \Delta y_2^ш}{a} , \quad (16)$$

где $\Delta y_1^p, \Delta y_2^p$ – дополнительные деформации подрельсовой прокладки, вызванные поворотом сечения рельса, мм;

$\Delta y_1^ш, \Delta y_2^ш$ – то же нащпальной прокладки, мм;

a – ширина прокладки, мм.

Момент сопротивления M_{x1} повороту сечения рельса в продольной плоскости, возникающий при неравномерной деформации подрельсовой прокладки, можно определить рассмотрев равновесие моментов сил относительно центра поворота сечения (точка А) (рис. 3). Поскольку сила клеммного нажатия

$Q_{кл}^{дин}$ действует в этой точке, ее влияние не учитывается.

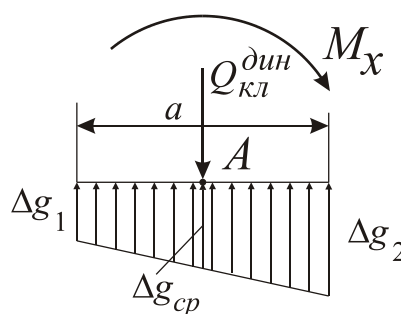


Рис. 3. Расчетная схема для определения моментов сопротивления M_x

$$M_x = \frac{\Delta g_1 + \Delta g_{cp}}{2} \cdot \frac{a^2}{8} - \frac{\Delta g_{cp} + \Delta g_2}{2} \cdot \frac{a^2}{8} .$$

Или после преобразований, кН/мм,

$$M_x = (\Delta g_1 - \Delta g_2) \cdot \frac{a^2}{16}, \quad (17)$$

где Δg_1 и Δg_2 – интенсивность неравномерно распределенной реакции сопротивления подрельсовой прокладки при неравномерном ее сжатии, кН/мм.

Величины Δg_1 , кН/мм, и Δg_2 , кН/мм, можно определить как функции вертикальных деформации и жесткости подрельсовой прокладки при динамическом нагружении:

$$\Delta g_1 = \Delta y_1 \cdot \frac{U_p^{дин}}{b_p}; \quad \Delta g_2 = \Delta y_2 \cdot \frac{U_p^{дин}}{b_p},$$

где b_p – ширина подошвы рельса, мм.

Подставляя эти выражения в формулу (17), получим

$$M_x = (\Delta y_1 - \Delta y_2) \frac{a^2 \cdot U_p^{дин}}{16 \cdot b_p}.$$

Учитывая, что параметры в правой части этой формулы являются упругими, можно определить жесткость подрельсовой прокладки при кручении в продольной плоскости, кН м/рад,

$$C_{\varphi_1} = \frac{M_x}{\varphi_1}.$$

С учетом формулы (16) получим, кН м/рад,

$$C_{\varphi_1} = U_p^{дин} \frac{a^3}{16b_p}. \quad (18)$$

Выполняя аналогичные расчетные действия, можно получить жесткость нащальной прокладки при кручении в продольной плоскости, кН м/рад,

$$C_{\varphi_2} = U_{ш}^{дин} \frac{a^3}{16b_n}, \quad (19)$$

где b_n – длина подкладки скрепления КБ, мм.

Учитывая последовательные соединения упругих элементов в узле скрепления КБ, его общая жесткость при кручении в продольной плоскости, кН м/рад, определяется выражением

$$C_{\varphi} = \frac{C_{\varphi_1} \cdot C_{\varphi_2}}{C_{\varphi_1} + C_{\varphi_2}}. \quad (20)$$

Жесткость при кручении скрепления КПП-5

Рассматривая подобную работу скрепления КПП-5, его жесткость при кручении в продольной плоскости, кН м/рад, можно получить как

$$C_{\varphi} = U_p^{дин} \frac{a^3}{16b_p}. \quad (21)$$

Здесь все обозначения прежние.

Вывод из изыскания и перспективы, дальнейшие развития в данном направлении

Таким образом, получим аналитические выражения, позволяющие определить сопротивление скреплений КБ и КПП-5 перемещениям рельсов в продольной плоскости как функции упругих и фрикционных характеристик элементов этих скреплений. При этом установлено влияние на эти характеристики нагрузок от рельсов на узлы этих скреплений.

Список использованных источников

1. Даренський, О.М. Математична модель просторової жорсткості скріплення типу КБ [Текст] / О.М. Даренський // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип. 80. – С. 166-176.
2. Даренський, О.М., Просторова жорсткість проміжного скріплення типу КПП-5 [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Витольберг // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. – Вип. 10. – С. 100-109.

3. Даренський, О.М., Експериментальне визначення пружних характеристик прокладок проміжного скріплення КБ [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Витольберг // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – Вип 87. – С. 172-178.

4. Шахунянц Г.М., Работа болтов в скреплениях [Текст] / Г.М. Шахунянц, А.А. Контратьев // Труды МИИТ. – М.: МИИТ, 1973. – Вып. 362. – С. 34-45.

5. Даренський О.М., Експериментальне визначення пружних характеристик елементів проміжного скріплення КПП-5 [Текст] / О.М. Даренський, В.Г. Витольберг // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. 13. – С. 139-143.

6. Даренский А.Н. Результаты лабораторных испытаний скрепления типа КБ [Текст] / А.Н. Даренский. – Харьков: ХИИТ, 1983. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 18.03.83 г., №2145.

Даренський Олександр Миколайович, д-р техн. наук., професор кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 723-12-34.

Дудник Роман Олександрович, магістрант ШПК. Тел: (050) 7683686

Darensky Oleksandr Mykolajovych, Ph.D., Professor of the Department "road and track facilities" Ukraine State of Railway Transport. Tel.:(057) 723-12-34.

Dudnik Roman A., Master Training Institute. Tel: (050) 7683686

УДК 004.89

ПРОСТОРОВА ЖОРСТКІСТЬ ПРОМІЖНОГО СКРІПЛЕННЯ ТИПУ КПП-5

Д-р техн. наук О.М. Даренський, канд. техн. наук В.Г. Вітольберг, І.Л. Копилов

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЖОСТКОСТЬ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКРЕПЛЕНИЯ ТИПА КПП-5

Д-р техн. наук А.Н. Даренский, канд. техн. наук В.Г. Витольберг, И.Л. Копылов

SPATIAL ZHOSTKOST INTERMEDIATE FASTENINGS TYPE KPP-5

Doct. of techn. sciences A.N. Darenskiy, cand. of techn. science V.G. Vitolberg, I.L. Kopylov

Отримано математичні залежності жорсткості вузла скріплення типу КПП-5 при вертикальному і горизонтальному вигинах і крученні рейки під дією бічних сил як функції жорсткості пружних елементів скріплення.

Ключові слова: рейкові скріплення типу КПП-5, просторова жорсткість.

Получены математические зависимости пространственной жесткости узла скрепления типа КПП-5 при вертикальном и горизонтальном изгибе, а также при кручении рельса под действием боковых сил как функции жесткостей элементов скрепления.

Ключевые слова: рельсовые скрепления типа КПП-5, пространственная жесткость.

Mathematical dependences of spatial rigidity of unit of a fastening of type of a check KPP-5 are received at a vertical and horizontal bend, and as at torsion of a rail under action of lateral forces as functions rigidity elements of a fastening.

Keywords: rail fastening type of check KPP-5, horizontal bend.

Вступ. Проміжні рейкові скріплення типу залізницях України з 2003 року. Нормативні КПП-5 дозволено до застосування на документи [1-4] дозволяють укладання

безстикової колії на ділянках з будь-якою вантажонапруженістю в прямих і кривих з радіусами 350 м і більше. Довжина плітей безстикової колії може досягати довжини блок-діляниць або перегону (наддовгі пліті).

Скріплення КПП-5 вигідно відрізняється від скріплення типу КБ, найпоширенішого на мережі залізниць, у першу чергу малою кількістю елементів. У скріпленні КПП-5 п'ять елементів (враховуючи анкери складовою частиною шпали С-3-0), у скріпленні КБ – 21 елемент.

Відсутність у скріпленні КПП-5 нарізних сполучень повинне істотно підвищити стабільність притиснення рейки до шпал, опірність силам уgonу.

Виключення з переліку колійних робіт робіт із закріплення клемних і закладних болтів істотно (до 10 %) скоротить загальні затрати праці на поточне утримання та ремонти колії.

Аналіз досліджень і публікацій. Ні в діючих нормативних документах [1-4], а також в опублікованих за останні роки результатах досліджень (за винятком [5]) не дані характеристики жорсткості вузла скріплення типу КПП-5. Тим часом, просторова жорсткість проміжних скріплень є складовою загальної просторової жорсткості підрейкової основи та впливає на роботу всієї конструкції колії під дією динамічного й вібраційного поїзного навантаження.

У роботі [5] розглянута вертикальна жорсткість вузла скріплення КПП-5 і дано числові характеристики жорсткостей пружних елементів цього скріплення. Однак як підрейкова прийнята гумова прокладка, що не відповідає типовій конструкції цього скріплення [4].

Постановка проблеми. У статті зроблена спроба математичного моделювання пружної роботи скріплення КПП-5 під дією вертикальних і горизонтальних поперечних (бічних) сил.

Основна частина. При дії на рейку вертикальних і бічних сил відбувається її вигин у вертикальній і горизонтальній площині та її кручення. Складовими реакцій рейкових опор є вертикальні і горизонтальні реакції рейкових скріплень і реактивні крутні моменти. Тому розглянемо вертикальну й горизонтальну поперечну жорсткість скріплення типу КПП-5 при вигинах і його жорсткість при крученні рейки.

Вертикальна жорсткість скріплення

КПП-5. При монтажі вузла скріплення КПП-5 відбувається початкова вертикальна деформація пружинної клеми $y_{кл}^{поч}$ (рис. 1), яка може досягати з урахуванням конструктивних розмірів клем, анкерів, прокладок, ізолюючого вкладиша та підшви рейки 6 мм. При цьому кожна клема притискає підшву рейки до шпали із силою $Q_{кл}^{поч}$

$$Q_{кл}^{поч} = y_{кл}^{поч} Ж_{кл},$$

де $Ж_{кл}$ – жорсткість клеми при вертикальних деформаціях, кН/мм.

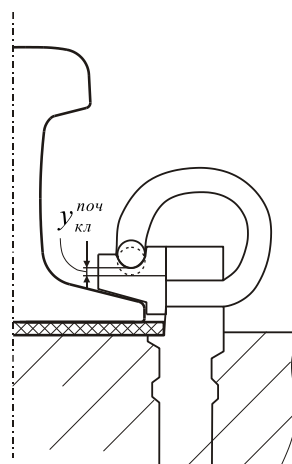


Рис. 1. Початкова вертикальна деформація пружинної клеми

Під дією цих сил підрейкова прокладка стискується та чинить пружний опір цьому стиску

$$Q_{пр} = U_{пр}^{ст} y,$$

де $U_{пр}^{ст}$ – жорсткість прокладки при статичному стиску, кН/мм;

y – деформація прокладки при стиску, мм.

Силу $Q_{пр}$ можна подати (рис. 2) у вигляді розподіленого пружного опору стиску з інтенсивністю $q_{пр}$, кН/мм:

$$q_{пр}^M = \frac{Q_{пр}^M}{b}, \quad q_{пр}^{дин} = \frac{Q_{пр}^{дин}}{b},$$

де b – ширина підошви рейки, мм;

Q_{np}^M – сила, з якою дві клемми стискають прокладку при монтажі вузла скріплення;

$Q_{np}^{\partial ин}$ – сила стиску прокладки при динамічному навантаженні.

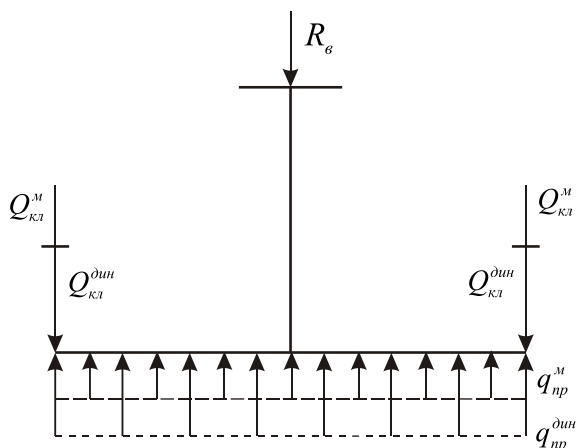


Рис. 2. Розрахункова схема при дії вертикальної сили

Рівновага у вузлі скріплення буде тоді, коли остаточні монтажні сили клемного притиснення будуть дорівнювати пружному опору прокладки стиску:

$$2Q_{кл}^M = Q_{np}^M = q_{np}^M b. \quad (1)$$

Остаточна монтажна сила клемного притиснення $Q_{кл}^M$ зменшується в порівнянні з величиною $Q_{кл}^{поч}$ у результаті зворотної пружної деформації клем за рахунок стиску підрейкової прокладки на величину y_{np}^M :

$$R_g = \Delta y U_{np}^{\partial ин} + y_{np}^M U_{np}^{cm} - 2(y_{кл}^{поч} - y_{np}^M) \mathcal{K}_{кл} + 2\Delta y \mathcal{K}_{кл}.$$

Заміняючи в цій формулі $2(y_{кл}^{поч} - y_{np}^M) \mathcal{K}_{кл}$ на $y_{np}^M U_{np}^{cm}$ з виразу (2), одержимо

$$R = \Delta y (U_{np}^{\partial ин} + 2\mathcal{K}_{кл}).$$

$$Q_{кл}^M = (y_{кл}^{поч} - y_{np}^M) \cdot \mathcal{K}_{кл}.$$

Опір прокладки стиску можна виразити через жорсткість прокладки при статичному стиску:

$$Q_{np}^M = q_{np}^M \cdot b = y_{np}^M \cdot U_{np}^{cm}.$$

Тоді вираз (1) буде мати вигляд

$$2(y_{кл}^{поч} - y_{np}^M) \cdot \mathcal{K}_{кл} = y_{np}^M \cdot U_{np}^{cm}. \quad (2)$$

При дії на вузол скріплення динамічної вертикальної сили R_g умову рівноваги сил (рис. 2) можна записати як

$$R_g = Q_{np}^{\partial ин} - 2Q_{кл}^{\partial ин}. \quad (3)$$

Опір прокладки $Q_{np}^{\partial ин}$ при дії сили R_g збільшується при її додатковому динамічному стиску на величину Δy :

$$Q_{np}^{\partial ин} = \Delta y \cdot U_{np}^{\partial ин} + y_{np}^M \cdot U_{np}^{cm}, \quad (4)$$

де $U_{np}^{\partial ин}$ – жорсткість підрейкової прокладки при динамічному стиску, кН/мм.

Сила клемного притиснення при дії R_g зменшується за рахунок зворотної пружної деформації клем на величину Δy

$$Q_{кл}^{\partial ин} = (y_{кл}^{поч} - y_{np}^M) \cdot \mathcal{K}_{кл} - \Delta y \cdot \mathcal{K}_{кл}. \quad (5)$$

Тоді формулу (3) можна подати у вигляді

Або переходячи до вертикальної жорсткості вузла скріплення $C_y = \frac{R_g}{\Delta y}$, остаточно одержимо

$$C_y = U_{np}^{\partial ин} + 2\mathcal{K}_{кл}. \quad (6)$$

Горизонтальна поперечна жорсткість скріплення КПП-5

Горизонтальна поперечна жорсткість скріплення C_z , кН/мм, під дією бічної сили R_z визначається як

$$C_z = \frac{R_z}{\Delta z}, \quad (7)$$

де Δz – пружне бічне переміщення підшви рейки, мм.

Умова рівноваги сил у вузлі скріплення при дії бічної сили R_z (рис. 3)

$$R_z = 2F_{mp}^{кл} + F_{mp}^{np} + Q_z^{БК}, \quad (8)$$

де $F_{mp}^{кл}$ – сила тертя вкладиша по верхній грані підшви рейки, кН;

F_{mp}^{np} – сила тертя підшви рейки по прокладці, кН;

$Q_z^{БК}$ – сила опору бічному переміщенню підшви рейки частини ізолюючого вкладиша між підшвою й анкером, кН.

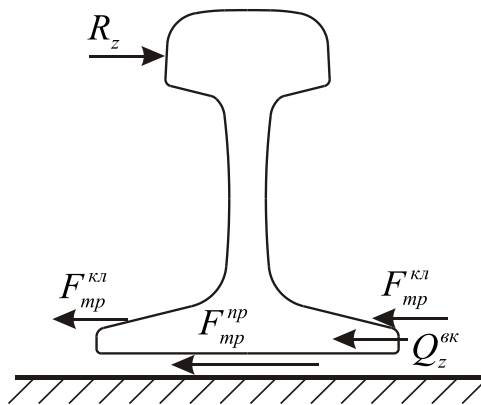


Рис. 3. Умова рівноваги сил у вузлі скріплення при дії бічної сили

У формулі (8) пружною буде тільки сила

$Q_z^{БК}$

$$Q_z^{БК} = \Delta z \cdot U_z^{БК},$$

де $U_z^{БК}$ – жорсткість частини вкладиша при бічних переміщеннях підшви, кН/мм.

Сили тертя $F_{mp}^{кл}$ і F_{mp}^{np} можна подати з урахуванням формул (2), (4), (5) як:

$$F_{mp}^{кл} = f_m Q_{кл}^{дин} = f_m [(y_{кл}^{поч} - y_{np}^m) \mathcal{K}_{кл} - \Delta y \mathcal{K}_{кл}] = f_m \left(\frac{1}{2} y_{np}^m U_{np}^{cm} - \Delta y \mathcal{K}_{кл} \right);$$

$$F_{mp}^{np} = f_n Q_n^{дин} = f_n (y_{np}^m U_{np}^{cm} + \Delta y U_{np}^{дин}),$$

де f_m, f_n – коефіцієнти тертя вкладиша по підшві рейки (поліамід-сталь) і підшви по прокладці (сталь-поліуретан).

Інші позначення залишилися без змін. Тоді формула (8) буде мати вигляд

$$R_z = f_m y_{np}^m U_{np}^{cm} - 2f_m \Delta y \mathcal{K}_{кл} + f_n y_{np}^m U_{np}^{cm} + f_n U_{np}^{дин} + \Delta z U_z^{БК}.$$

Після перетворень

$$R_z = y_{np}^m U_{np}^{cm} (f_m + f_n) + \Delta y (f_n U_{np}^{дин} - 2f_m \mathcal{K}_{кл}) + \Delta z U_z^{БК}.$$

Переходячи до горизонтальної поперечної жорсткості вузла скріплення (7), одержимо

$$C_z = \frac{y_{np}^m}{\Delta z} U_{np}^{cm} (f_m + f_n) + \frac{\Delta y}{\Delta z} (f_n U_{np}^{дин} - 2f_m \mathcal{K}_{кл}) + U_z^{БК}. \quad (9)$$

Оскільки ізолюючі вкладиші виготовляються із достатньо твердого матеріалу (поліамід) $U_z^{kp} \gg U_{np}^{din} > U_{np}^{cm}$, бічні переміщення підшви рейки набагато менше вертикальних $\Delta z \ll \Delta y$. Таким чином,

$$\frac{y_{np}^m}{\Delta z} \rightarrow \infty, \quad \frac{\Delta y}{\Delta z} \rightarrow \infty \quad \text{і можна чекати, що}$$

$$C_z \rightarrow \infty.$$

Жорсткість скріплення КПП-5 при крученні. При дії на вузол скріплення крутного моменту $M_{кр}$ переріз рейки повернеться на кут $\Delta\varphi$, рад, величину якого, з огляду на його малість, можна визначити як (рис. 4)

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{b}, \quad (10)$$

де Δy_1 і Δy_2 – додаткові переміщення кромки підшви рейки при повороті перерізу, мм;
 b – ширина підшви рейки, мм.

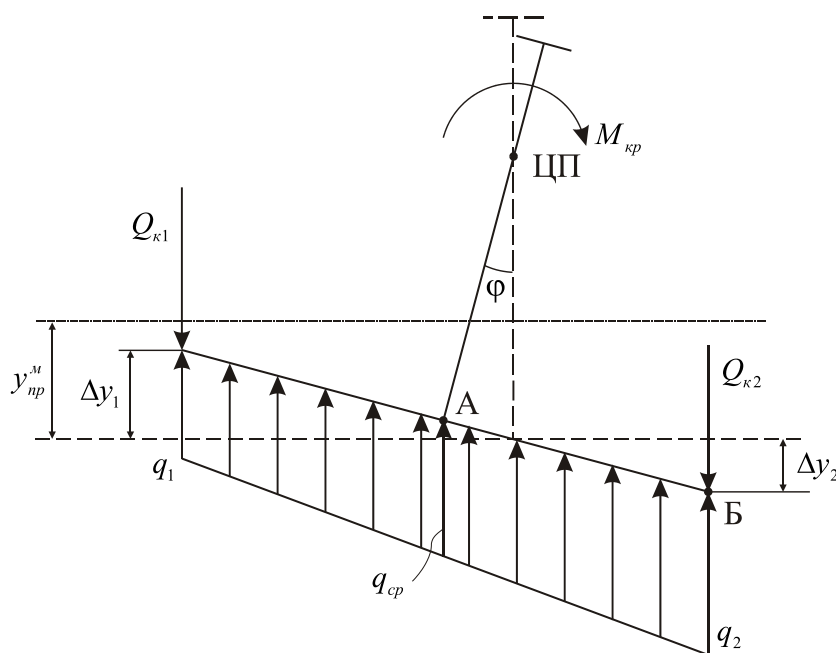


Рис. 4. Розрахункова схема при крученні рейки

Жорсткість вузла скріплення при крученні, кН/рад

$$C_{ц} = \frac{M_{кр}}{\Delta\varphi}. \quad (11)$$

Умова рівноваги моменту $M_{кр}$, моментів реактивних опорів клем $Q_{к1}$ і $Q_{к2}$, моментів нерівномірно розподіленого реактивного опору підрейкової прокладки щодо центра повороту перерізу (ЦП) (рис. 4) визначається як

$$M_{кр} + Q_{к2} \frac{b}{2} - \frac{q_2 - q_{cp}}{2} \frac{b^2}{8} + \frac{q_1 + q_{cp}}{2} \frac{b^2}{8} - Q_{к1} \frac{b}{2} = 0.$$

Після перетворення одержимо

$$M_{кр} = (Q_{к1} - Q_{к2}) \frac{b}{2} + (q_2 - q_1) \frac{b^2}{16}, \quad (12)$$

де $Q_{к1}$ і $Q_{к2}$ – сили клемних натискань, кН, при повороті перерізу;

q_1 і q_2 – інтенсивності нерівномірного розподілу реакції опору підрейкової прокладки при нерівномірному її стиску, кН/мм.

Сили натискання клем при повороті перерізу можна визначити як

$$Q_{к1} = Q_{кл}^M + \Delta Q_{к1} = Q_{кл}^M + \mathcal{J}_{кл} \Delta y_1$$

$$Q_{к2} = Q_{кл}^M + \Delta Q_{к2} = Q_{кл}^M + \mathcal{J}_{кл} \Delta y_2$$

Тоді різниця $(Q_{к1} - Q_{к2})$ у формулі (12) буде дорівнювати

$$(Q_{к1} - Q_{к2}) = \mathcal{J}_{кл} (\Delta y_1 + \Delta y_2).$$

Аналогічно для різниці значень $(q_1 - q_2)$ з урахуванням викладеного вище можна одержати

$$(q_1 - q_2) = \frac{U_{np}^{\text{дин}}}{b} (\Delta y_1 - \Delta y_2).$$

Тоді формула (12) буде мати вигляд

$$M_{кр} = \mathcal{J}_{кл} (\Delta y_1 + \Delta y_2) \frac{b}{2} + U_{np}^{\text{дин}} \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{b} \frac{b^2}{16}.$$

Підставляючи значення $\Delta \varphi$ з рівняння (10)

$$M_{кр} = \mathcal{J}_{кл} \Delta \varphi \frac{b^2}{2} + U_{np}^{\text{дин}} \Delta \varphi \frac{b^2}{16}.$$

Переходячи до жорсткості скріплення при крученні (11), одержимо

$$C_{\varphi} = \mathcal{J}_{кл} \frac{b^2}{2} + U_{np}^{\text{дин}} \frac{b^2}{16}.$$

Висновки з дослідження. Таким чином, отримані рівняння (6), (9), (13), які дають змогу подати просторові жорсткості вузла скріплення КПП-5 як функції величини жорсткостей пружних елементів цього скріплення.

Список використаних джерел

1. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст] / Е.І. Даниленко, В.О. Яковлев, А.М. Орловський, [та ін.]. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.
2. Даниленко, Е.І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість (ЦП-0117) [Текст] / Е.І. Даниленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
3. Інструкція з укладання та утримання рейкової колії з рейками типу Р65, УІС 60 і пружним проміжним скріпленням типу КПП-5 та високоміцними ізолюючими стиками (ЦП-0104) [Текст]. – К., 2003. – 52 с.
4. Говоруха, В.В. Механика деформирования и разрушения упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений [Текст]: монография / В.В. Говоруха. – Днепропетровск: Изд. «Лири ЛТД», 2005. – 388 с.

Даренський Олександр Миколайович, д-р техн. наук., професор кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел. :(057) 723-12-34.

Вітольберг Володимир Геннадійович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: 730-10-60.

Копилов Ігор Леонідович, магістрант ІППК. Тел.: (099) 425-10-68.

Darensky Oleksandr Mykolajovych, Ph.D., Professor of the Department "road and track acilities" Ukraine State of Railway Transport. Tel.:(057) 723-12-34.

Vitolberg Vladimir Gennadievich, cand. of techn. science Department "Road and track acilities" Ukraine State of Railway Transport Tel. :(057) 730-10-60

Kopylov Igor Leonidovich Master Training Institute. Tel: (099) 425-10-68.

УДК 624.012:536.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОДБОРОМ ЭФФЕКТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ

Кандидаты техн. наук Г.Л. Ватуля, Е.Ф. Орел, ассист. А.В. Игнатенко

ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК З ВИБОРОМ ЕФЕКТИВНОГО ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ

Кандидати техн. наук Г.Л. Ватуля, Е.Ф. Орел, асист. А.В. Игнатенко

DEFINITION OF STEEL-CONCRETE BEAM'S FIRE-RESISTANCE WITH EFFECTIVE FLAME-RETARDANT COAT SELECTION

PhD, Associated Professor G.L. Vatulua, PhD, Associated Professor E.F. Orel, A.V. Ignatenko

Наведено результати розрахунку вогнестійкості балок із зовнішнім листовим армуванням, при стандартному температурному режимі розвитку пожежі, без та з урахуванням вогнезахисного покриття, у програмному комплексі ANSYS.

***Ключові слова:** сталобетонна балка, вогнестійкість конструкцій, межа вогнестійкості конструкцій, стандартний температурний режим пожежі, граничний стан, математична модель, метод кінцевих елементів.*

Приведены результаты расчета огнестойкости балок с внешним листовым армированием, при стандартном температурном режиме пожара, без и с учетом огнезащиты, в программном комплексе ANSYS.

***Ключевые слова:** сталобетонная балка, огнестойкость конструкций, предел огнестойкости конструкций, стандартный температурный режим пожара, предельное состояние, математическая модель, метод конечных элементов.*

The authors presented the results of beam`s with external sheet reinforcement fire resistance definition at standard temperature range of fire and justified specifications for flame-retardant coat using ANSYS software package. In order to provide the required fire resistance rating for steel-concrete beams it was examined several types of fire protection: mineral wool coat Rockwool series Conlit SL150, fire retardant intumescent coating Piro-Safe FlamoPlast SP-A2 and fire-retardant coating Natresk. It`s assumed that for proposed steel-concrete beams minimal fire resistance rating will be chosen from several values R15, R30, R45 and R60. Cause and fire scenario are not considered.

Verification of proposed finite element models and calculation was performed by comparing the obtained results with experimental data of steel-concrete beams destruction under the action of only mechanical load.

***Keywords:** Steel-concrete beam; structure fire resistance; fire-resistance rating; fire standard temperature conditions; limiting state; mathematical model; finite-element method.*

Введение. Применение расчетного метода анализа и оценки огнестойкости балок с внешним листовым армированием позволяет определить предел огнестойкости конструкций с учетом воздействия возможного пожара с боков и снизу балки (трехсторонний обогрев). Расчетные исследования проводились с последующим анализом предельных состояний балки по выбранным критериям наступления предела огнестойкости.

Разработаны трехмерные компьютерные модели, которые учитывают основные условия нагружения и опирания балок, а также нелинейные зависимости «напряжения-деформации» для бетона и внешнего армирования.

Предложенная методика расчета соответствует существующей методической и нормативной базе для определения пределов огнестойкости железобетонных и сталобетонных конструкций [1, 2].

Целью исследований является оценка огнестойкости балок с внешним листовым армированием при стандартном температурном режиме пожара в помещении и обоснование технических характеристик огнезащиты для обеспечения требований норм пожарной безопасности к ним.

Основной материал исследований. Объектом исследования являются сталебетонные балки с внешним листовым армированием, толщина которого варьируется от 2 до 4 мм. Конструктивная схема рассматриваемых балок представлена на рис. 1.

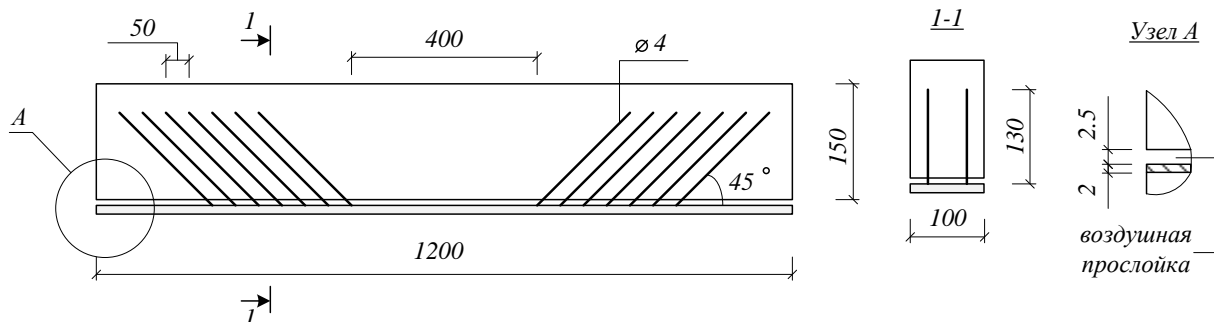


Рис. 1. Конструкция рассматриваемой сталебетонной балки

Балки выполнены из бетона класса С20/25 плотностью 2300 кг/м^3 с нормальной влажностью 3 %, соответствующей твердению бетона в течение 28 сут. Несущий элемент (лист) – из конструкционной стали марки Ст.3, крепежные анкера – из арматурной стали класса А240 диаметром 4 мм.

Для исследуемых балок требуемое минимальное значение предела огнестойкости выбирается из ряда значений R15, R30, R45, R60. Причина развития пожара не рассматривается [2, 3].

В качестве разрешающих уравнений напряженно-деформированного состояния сталебетона используем метод конечных элементов. Задача определения огнестойкости решается на основе моделирования с использованием математических моделей трещинообразования согласно рабочей теории прочности, модели пластической деформации и пластического упрочнения сжатой зоны бетона и растяжения стальных элементов, размера и расположения конечных элементов, а также граничных условий с учетом симметрии.

Верификация предложенных конечно-элементных моделей и выполненных на их основе расчетов выполняется путем сравнения полученных результатов с экспериментальными данными по разрушению сталебетонных балок при действии только механической нагрузки [4].

На созданную конечно-элементную модель наложены конвекционные и радиационные граничные условия. Радиационные условия накладываются посредством образования сетки конечных элементов с поверхностным эффектом радиационного теплообмена.

Температурные зависимости материалов, используемые для расчета, приняты согласно [1]. При этом коэффициент теплопроводности описывается степенным полиномом, а удельная теплоемкость – кусочно-линейной функцией.

Граничные условия на обогреваемой и необогреваемой стороне соответствуют граничным условиям III рода и при этом учитывают конвективный и лучистый теплообмен. В воздушной прослойке осуществляется только лучистый теплообмен. Параметры теплообмена взяты в соответствии с [5].

В результате расчета построены графики температурно-временных зависимостей в различных точках сечения в условиях «стандартного» пожара (рис. 2). Их анализ позволяет нам сделать предварительный вывод о наступлении предела огнестойкости при использовании условного критерия «критическая температура». Считается, что при достижении стальной температуры 500°C стальная пластина достигает предела текучести и теряет способность к сопротивлению силовым нагрузкам. На основе данной

гіпотези можна зробити висновок, що ймовірно наступлення предела огнестойкості

происходит на 400-й секунде (7-й минуте) воздействия стандартного пожара.

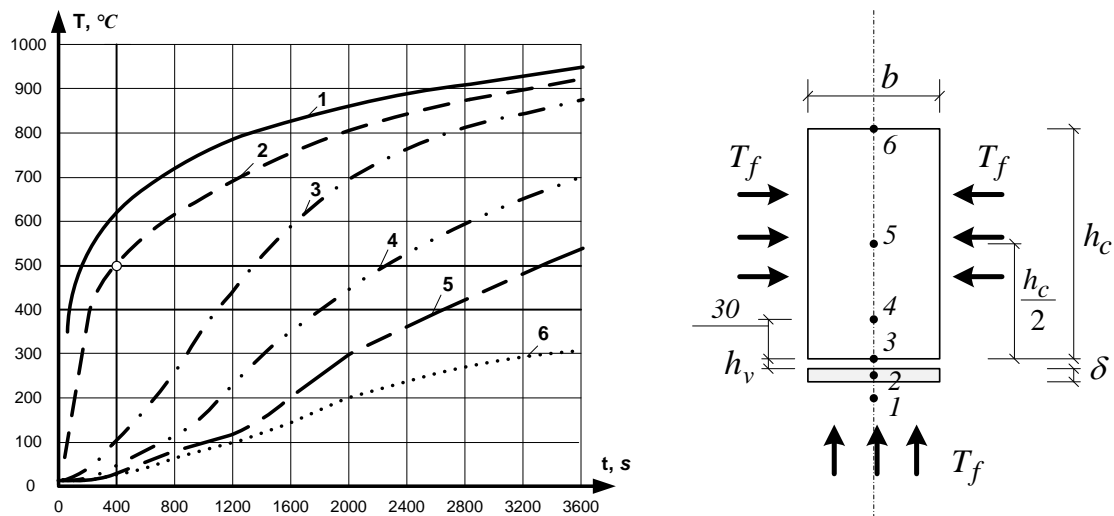


Рис. 2. Графики температурно-временных зависимостей в различных точках сечения в условиях «стандартного» пожара: 1 – стандартный температурный режим пожара; 2 – температура в стальной пластине; 3 – температура на нижней поверхности бетонного слоя; 4 – температура на расстоянии 30 мм от нижней грани бетонного слоя; 5 – температура посередине высоты бетонного слоя; 6 – температура на необогреваемой поверхности

Конец расчета наступает на 20-й минуте при потере геометрической неизменяемости балки. Для более точной оценки времени наступления предельного состояния построим

график максимального прогиба балки в зависимости от времени воздействия пожара (рис. 3).

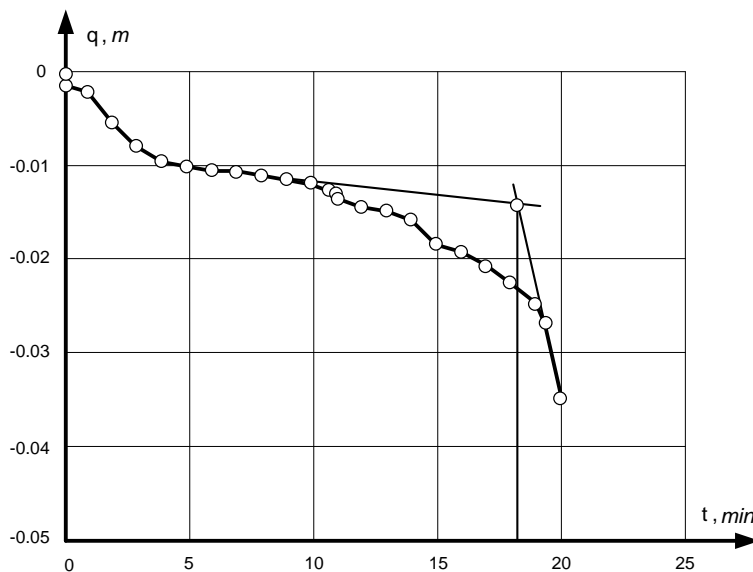


Рис. 3. График максимального прогиба балки от времени воздействия «стандартного» пожара

Вид графика на рис. 3 является нетипичным для поведения обычной балки с арматурой внутри бетонного слоя, поскольку на нем есть участок резкого нарастания прогиба со 2-й по 5-ю минуты воздействия пожара. Это объясняется тем, что в это время стальной лист резко нагревается до температуры 400°C , затем нарастание температуры начинает замедляться. При этом лист резко расширяется, заставляя балку больше прогибаться, а в бетоне возникает интенсивное трещинообразование. Воспользовавшись методикой определения предела огнестойкости, описанной в [2], были построены касательные к участкам графика до и после загиба кривой. На их пересечении определен предел огнестойкости исследуемой балки, который составил $U = 18$ мин.

При этом может быть обеспечен предел огнестойкости R15, что соответствует только степеням огнестойкости IVa и IIIa согласно [6].

Для обеспечения требуемых пределов огнестойкости рассматривается несколько типов огнезащиты – минеральная вата ROCKWOOL в виде плит «Conlit 150 SL», вспучивающееся огнезащитное покрытие ПИРО-СЕЙФ ФЛАМОПЛАСТ СП-А2, огнезащитный состав «Натреск». В результате

расчетов были построены графики температурно-временных зависимостей и максимального прогиба, которые представлены на рис. 4,5.

Выводы. В результате расчета было показано, что исследуемые огнезащитные материалы являются эффективными для обеспечения требований нормативов к огнестойкости сталебетонных балок данного типа.

Для огнезащитной облицовки плитами «Rockwool» серии «Conlit SL150» достаточно использовать плиты с минимальной толщиной 25 мм и клей «Conlit Glue», чтобы обеспечить огнестойкость балок более 120 мин.

При использовании огнезащитного покрытия «Натреск» толщиной 10 мм обеспечивается предел огнестойкости более 100 мин.

Огнезащитное вспучивающееся покрытие ПИРО-СЕЙФ ФЛАМОПЛАСТ СП-А2 в диапазоне рабочих толщин от 1 до 1,5 мм обеспечивает пределы огнестойкости от 47 до 69 мин. Таким образом, для обеспечения пределов R15, R30, R45 достаточно минимальной толщины покрытия (1 мм). Для обеспечения предела R60 необходимо, чтобы толщина покрытия была не менее 1,3 мм.

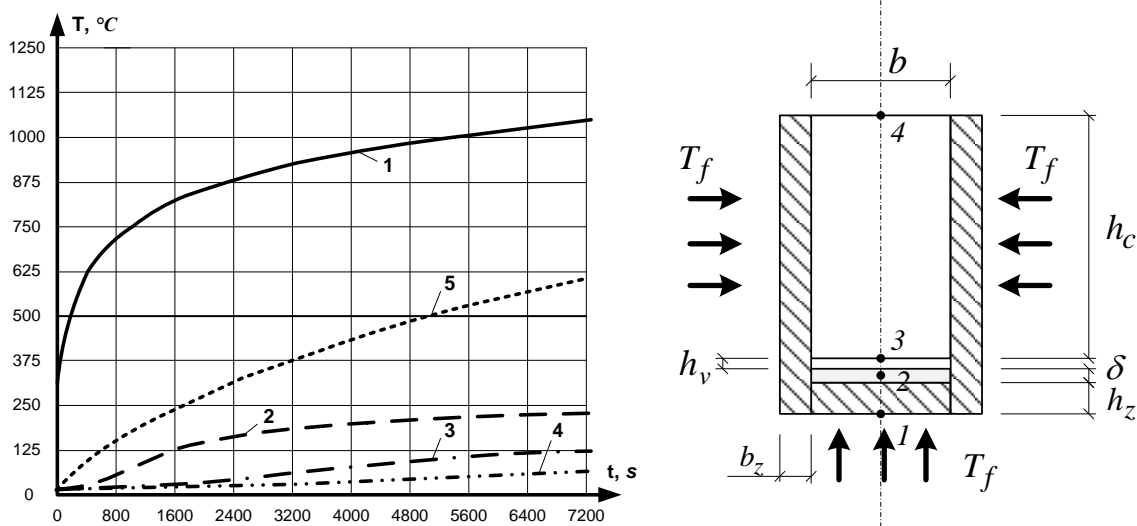


Рис. 4. Графики температурно-временных зависимостей в различных точках сечения балки с огнезащитной облицовкой из плит «Conlit SL150» толщиной 25 мм в условиях «стандартного» пожара:

- 1 – температура на поверхности огнезащиты; 2 – температура в стальной пластине;
- 3 – температура на нижней грани бетонного слоя; 4 – температура на необогреваемой поверхности; 5 – максимальная температура в бетоне с защитным покрытием «Натреск»

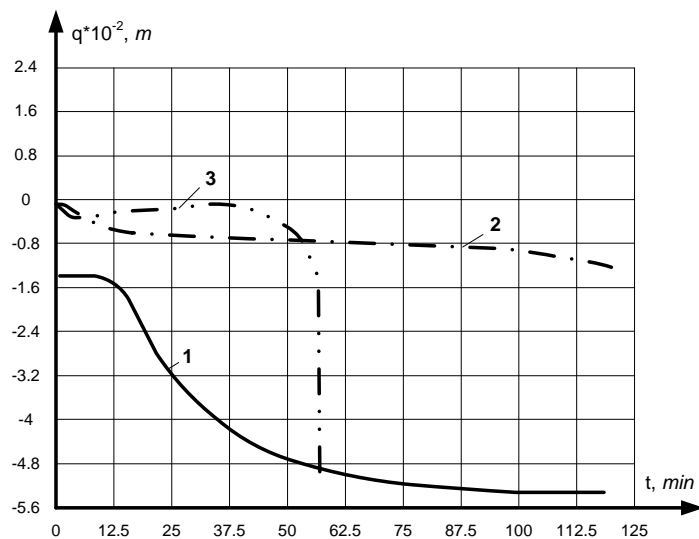


Рис. 5. Графік максимального прогиба балки с огнезащитной облицовкой в условиях «стандартного» пожара:
 1 – плиты «Conlit SL150»; 2 – покрытие «Натреск»;
 3 – покрытие ПИРО-СЕЙФ ФЛАМОПЛАСТ СП-А2

Список использованных источников

1. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.
2. Милованов, А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций [Текст] / А.Ф. Милованов. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.
3. Бартелеми, Б. Огнестойкость строительных конструкций [Текст] / Б. Бартелеми, Ж. Крюппа. – М.: Стройиздат, 1985. – 216 с.
4. Ковалев, М.А. Напряженно-деформированное и граничное состояние сталебетонных балок при кратковременном статическом нагружении [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / М.А. Ковалев. – Харьков, 2008.– 184 с.
5. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека [Текст]: ДБН В.1.2-7-2008. – К.: Видавництво ДП “Укрархбудінформ”, 2008. – 52 с.
6. Захист від пожежі. Пожежна безпека об’єктів будівництва [Текст]: ДБН В.1.1-7-2002. – К.: Видавництво “Лібра”, 2003. – 87 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.Н. Даренский

Ватуля Гліб Леонідович, канд. техн. наук, доцент, завідуючий кафедрою будівельної механіки та гідравліки Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 057 -730-1070 (10-70).

Орел Євген Федорович, канд. техн. наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 057 -730-1067 (10-67).

Игнатенко Андрій Васильович, асистент кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Тел. 057 -730-1070 (10-70).

Vatulia Glib Leonidovich, PhD, Associated Professor Head of Building Mechanics and Hydraulics Department Tel. 057 -730-1070 (10-70).

Orel Yevhen Fedorovich, PhD, Associated Professor Associated Professor of Track and Track Facilities Department Tel. 057 -730-1067 (10-67).

Ignatenko Andrii Vasilevich, Assistant of Lecturer of Bridge, Structures and Building Mechanics Department Kharkiv National Road University. Tel. 057 -730-1070 (10-70).

УДК 625.142

**КОЕФІЦІЄНТИ ПОСТІЛІ ДЕРЕВ'ЯНИХ ШПАЛ ДЛЯ УМОВ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ
БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

Канд. техн. наук В.І. Харлан

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОСТЕЛИ ДЕРЕВЯННЫХ ШПАЛ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПОДЪЕЗДНЫХ
ПУТЕЙ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Канд. техн. наук В.И. Харлан

**ODDS BED WOODEN SLEEPERS FOR THE CONDITIONS OF ACCESS ROADS
CONSTRUCTION COMPANY**

Ph.D V.I. Harlan

На підставі експериментальних досліджень, проведених на ділянках під'їзних колій будівельного підприємства, були встановлені коефіцієнти постілі дерев'яних шпал, які є однією з основних складових пружно - дисипативних характеристик підрейкової основи. При проведенні робіт була використана високотехнологічна комп'ютерна техніка, в тому числі відеоцифрова система. Ця система дає змогу дистанційно і безконтактно визначати переміщення елементів колії з точністю до 0,03 мм. Установлено вплив на ці параметри осьових навантажень, термінів експлуатації колії. Дослідження, які були проведені взимку, дали змогу також отримати цей параметр для негативних температур .

Ключові слова: під'їзні колії будівельного підприємства, коефіцієнт постілі дерев'яних шпал.

На основании экспериментальных исследований, проведенных на участках подъездных путей строительного предприятия, были установлены коэффициенты постели деревянных шпал, которые являются одной из основных составляющих упруго-дисипативных характеристик подрельсового основания. При проведении работ была использована высокотехнологичная компьютерная техника, в том числе видеоцифровая система. Эта система позволяет дистанционно и бесконтактно определять перемещения элементов пути с точностью до 0,03 мм. Установлено влияние на эти параметры осевых нагрузок, сроков эксплуатации пути. Исследования, которые были проведены в зимнее время, позволили также получить этот параметр для отрицательных температур.

Ключевые слова: подъездные пути строительного предприятия, коэффициент постели деревянных шпал.

On the basis of experimental studies conducted in areas driveways construction company were set coefficients bed wooden sleepers , which are one of the main components of elastic- disipativnyh characteristics rail base . At work were used high-tech computer equipment, including digital video system . This system allows you to remotely and non-contact way to determine the movement of the cells with an accuracy of 0.03 mm. Effect on these parameters of axial loads , the service life of the way. Studies have been conducted in the winter, will also provide this option for negative temperatures.

Keywords: driveways construction company, bed linen coefficient of wooden sleepers.

Вступ. Пружну складову сил опору переміщенням шпал у вертикальній площині, кН, в даний час прийнято визначати як

$$R_y = C_{y\sigma} \cdot \alpha \cdot \Omega_{ш} \cdot y_p, \quad (1)$$

де y_p - вертикальні переміщення шпали в підрейковому перетині під дією сили R_y (М) ;

$C_{y\sigma}$ - коефіцієнт постілі шпали, кН/м³;

α - коефіцієнти вигину шпали;

$\Omega_{ш}$ - площа півшпали, м².

Аналіз досліджень та публікацій. Вплив пружних властивостей шпал і їх основи на формування вертикальної жорсткості колії дуже істотний, що наголошується багатьма дослідниками. Так, розрахунки, виконані в [1], показали, що частка цього параметра у формуванні модуля пружності колії з дерев'яними шпалами влітку складає від 77 до 90 %. У дослідях, проведених на залізницях Німеччини [2], встановлено, що питома вага шпал і їх основи в загальній вертикальній деформації колії на дерев'яних шпалах дорівнює 80 %.

Узимку при промерзлом баласті і земляному полотні, жорсткість колії зростає в 1,5 [3], а за іншими даними - в 2-3 рази [4].

Експериментальному визначенню значень коефіцієнта постілі шпали було присвячено багато робіт [5-10]. В основному наведено значення параметра $C_{уб}$ при статичному завантаженні колії, оскільки методи визначення динамічних жорсткостей ще недостатньо вивчені і визначені. Відомі, наприклад, методи визначення динамічних параметрів, запропоновані в роботах [11-12]. Наголошується, що при динамічних навантаженнях значення коефіцієнта постілі можуть складати 70 %, а в деяких випадках – 60 % від значень цієї величини при статичному навантаженні. Теоретичне обґрунтування цього явища в результаті дії вібрації баласту наведено в [13].

У процесі експлуатації у міру ущільнення і забруднення баласту коефіцієнт постілі шпал зростає на 40-80 % [14].

Коефіцієнтом вигину шпали прийнято називати [15] відношення середньої по довжині шпали осідання під дією вертикальних сил до її осідання в підрейковому перетині. В [15] указуються значення α для дерев'яних шпал - 0,7-0,85 влітку і 0,50-0,53 взимку. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [3] рекомендують для дерев'яних шпал влітку приймати значення 0,881; взимку - 0,820.

Для умов магістральних залізниць значення коефіцієнта постілі дерев'яних шпал рекомендується приймати [7, 13] в межах 6,5 – 8,5 кН/м^3 для літніх і 12,0-18,0 кН/м^3 для зимових умов.

Таким чином, дослідженням коефіцієнтів постілі дерев'яних шпал в умовах

магістральних залізниць присвячена значна кількість робіт. Але для умов під'їзних колій будівельного підприємства України такої інформації практично немає.

Постановка проблеми. На жорсткість шпал при вертикальних навантаженнях в умовах під'їзних колій будівельного підприємства впливають як особливості експлуатації колії, так і особливості її конструкції. До особливостей експлуатації слід віднести в першу чергу рівень осьових навантажень, які можуть перевищувати рівень осьових навантажень на магістральному транспорті більш ніж у два рази. Велику питому вагу складають колії, розташовані в місцях інтенсивного засмічення баластового шару.

Особливістю конструкції залізничних під'їзних колій будівельного підприємства, що впливає на коефіцієнт постілі і вертикальну жорсткість шпал, є менша, в порівнянні з магістральними залізницями, товщина баласту. Так, при дерев'яних шпалах на ділянках з осьовими навантаженнями до 265 кН і вантажонапруженістю до 25 млн т / рік товщина одношарової баластної призми повинна складати 25 см, при осьових навантаженнях від 265 до 294 кН - 30 см.

Метою досліджень є експериментальне визначення коефіцієнтів постілі шпал в умовах під'їзних колій будівельного підприємства та встановлення впливу технічних та експлуатаційних чинників промислового залізничного транспорту на цей параметр.

Основна частина. Жорсткість дерев'яних шпал при вертикальних навантаженнях і коефіцієнти постілі цих шпал для умов залізничних колій промислових підприємств України визначені на підставі даних експериментальних досліджень.

Роботи проводилися на 12 ділянках колії під'їзних колій до підприємств будівельного комплексу, які відрізнялись типами рухомого складу, що обертається, його осьовими навантаженнями, значеннями вантажонапруженості і термінами служби колії після капітального ремонту.

На кожній дослідній ділянці випробовувалося від 3 до 5 шпал. Вертикальні навантаження на шпали від рухомого складу фіксувалися силовимірjувальними підкладками [14], вертикальні переміщення шпал - відеоцифровою системою вимірювання

переміщень [16]. Вертикальні сили і переміщення шпал записувалися безперервно в цифровому вигляді в пам'яті комп'ютера під час проходу всього поїзда.

Записана інформація копіювалася, переносилася в табличний процесор *Excel*. За цими даними будувалися графіки пружних характеристик шпал для усереднених значень переміщень і навантажень для кожної ділянки.

Жорсткості шпал при вертикальних навантаженнях однієї рейкової нитки були визначені шляхом лінеаризації пружних характеристик методом хорд для діапазонів 40-60, 60-80 і 80-100 кН, що відповідає реальним навантаженням на шпалу при русі екіпажів з осьовими навантаженнями до 265 кН, 265-294 і більше 294 кН на вісь.

Одержана інформація дає змогу зробити висновок про те, що із збільшенням діапазонів діючих навантажень при зіставних значеннях пропущеного по ділянках тоннажу вертикальна жорсткість дерев'яних шпал зростає. Таке збільшення складає для дерев'яних шпал від 22-27% до 52-59% при різних типах вагонів.

Для ділянок, по яких обертається однаковий рухомий склад і які розрізняються термінами служби колії, відзначено збільшення вертикальної жорсткості. Так, наприклад, на рисунку наведені значення жорсткостей дерев'яних шпал (одна рейкова нитка), які були одержані в результаті обробки дослідних даних для ділянок 11 і 12. По всіх ділянках обертаються навантажені думпкари 6-BC-60 з дозволеними осьовими навантаженнями до 216 кН/вісь, терміни служби колії до 10 років, пропущений тоннаж складає від 0 до 180 млн т.

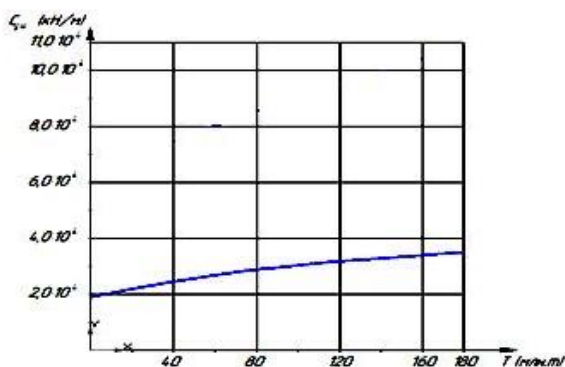


Рис. Залежності вертикальної жорсткості шпал від величини пропущеного тоннажу при обертанні думпкарів 6-BC-60

Можна припустити, і це припущення підтверджується проведеними експериментальними роботами, що на зміни жорсткостей шпал при вертикальному завантаженні і на коефіцієнт постілі шпал значно впливає саме кількість пропущеного по ділянках тоннажу як узагальнюючого чинника силової дії на колію. По мірі зростання тоннажу відбувається збільшення щільності і засміченості баласту, що і викликає зростання сил опору шпал переміщенням.

Коефіцієнт постілі шпал, Н/м^3 , визначався на підставі дослідних даних так:

$$C_{y\sigma} = \frac{R_y}{\alpha \Omega_{III} y_p}, \quad (2)$$

де R_y - діюче на шпалу вертикальне навантаження, кН;

Ω_{III} - площа півшпали, м^2 ;

y_p - вертикальне переміщення шпали в підрейковому перетині, м;

α - коефіцієнт вигину шпали.

У рівнянні (2), при використуванні як аргументів даних про зміни значень R_y і y_p , які одержані експериментально, невідомими залишаються два параметри - коефіцієнт постелі шпали $C_{y\sigma}$, кН/м^3 , і коефіцієнт вигину шпали α . Коефіцієнт вигину шпали, що є відношенням середнього осідання шпали до осідання в підрейковому перетині, у свою чергу залежить від діючих на шпалу навантажень, геометричних характеристик шпали, пружних властивостей її матеріалу і коефіцієнта її постелі.

Раніше наголошувалося, що значення коефіцієнта α , одержані в різних дослідженнях, значно розрізняються, одержані для умов магістральних залізниць і не детерміновані за умов їх застосовності - наприклад, по величині коефіцієнта постілі шпали.

Визначення параметрів $C_{y\sigma}$ і α можна розглядати як ідентифікацію об'єкта заданої структури. Тут математична модель об'єкта задається рівнянням (2) і методикою розрахунку шпали як балки змінного перерізу, що лежить на суцільній пружній основі, яка

характеризується коефіцієнтом постілі шпали. Параметри цієї моделі C_σ і α підбираються так, щоб при заданому вході (значення вертикальних сил R_y) вихід моделі мало відрізнявся від експериментально визначеного виходу.

Знаходження невідомих параметрів у вигляді напівемпіричної функції проводилося одним з методів пошуку екстремуму цільової функції $\alpha = f(C_\sigma)$ - методом покоординатного спуску. Як цільова функція приймалася величина, рівна сумі квадратів відносних відхилень експериментальних і розрахункових значень прогинань шпал у підрейковому перетині:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{y_{pi} - y_{p\sigma i}}{y_{pi}} \right)^2; y_{pi} \neq 0, \quad (3)$$

де y_{pi} - величина вигину шпали, визначена розрахунковим шляхом при значенні R_{yj} , м;

$y_{p\sigma i}$ - те ж, визначена експериментально, м;

n - кількість експериментальних точок.

Проведені експериментальні роботи, статистична обробка одержаних результатів і розрахунки, виконані за висловленою методикою з використанням комп'ютерної програми системи *Mathcad* дали змогу визначити значення коефіцієнтів постілі дерев'яних шпал і коефіцієнтів їх вигину (таблиця). Значення середньоквадратичних відхилень містяться в межах 13 %.

Таблиця

Коефіцієнт постілі і коефіцієнти вигину шпал на дослідних ділянках

№ ділянки	Тип шпал	Осьові навантаження, кН	Пропущений тоннаж, млн т	Коефіцієнт постілі, кН/м ³	Середньоквадратичне відхилення, кН/м ³	Коефіцієнт вигину шпали
1	2	3	4	5	6	7
1	Дер І А	201	14	$7,46 \cdot 10^4$	$0,64 \cdot 10^4$	0,815
2	Дер І А	201	49	$8,97 \cdot 10^4$	$0,76 \cdot 10^4$	0,807
3	Дер І А	353	60	$14,06 \cdot 10^4$	$1,15 \cdot 10^4$	0,787
4	Дер І А	353	108	$15,87 \cdot 10^4$	$1,42 \cdot 10^4$	0,771
5	Дер І Б	211	25	$7,82 \cdot 10^4$	$0,81 \cdot 10^4$	0,812
6	Дер І Б	211	50	$8,91 \cdot 10^4$	$0,94 \cdot 10^4$	0,802
7	Дер І А	346	48	$13,66 \cdot 10^4$	$1,45 \cdot 10^4$	0,785
8	Дер І А	346	64	$13,92 \cdot 10^4$	$1,41 \cdot 10^4$	0,781
9	Дер І Б	245	2	$6,54 \cdot 10^4$	$0,61 \cdot 10^4$	0,824
10	Дер І А	245	48	$8,67 \cdot 10^4$	$0,72 \cdot 10^4$	0,801
11	Дер І А	216	9	$6,57 \cdot 10^4$	$0,67 \cdot 10^4$	0,820
12	Дер І А	216	126	$10,72 \cdot 10^4$	$1,21 \cdot 10^4$	0,795

Для ділянок колії з осьовими навантаженнями 201-216 кН значення коефіцієнтів постелі шпал і коефіцієнтів їх вигину узгоджуються з даними, наведеними в [3, 7, 13].

На підставі даних, наведених у таблиці, одержана залежність змін коефіцієнтів постелі дерев'яних шпал від величини пропущеного по колії тоннажу з урахуванням діапазонів вертикальних навантажень на шпали.

Для дерев'яних шпал ця залежність має такі параметри, кН/м^3 ,

$$C_{\sigma} = K_{oc} (6,5 \cdot 10^4 + 0,23 \cdot 10^4 \cdot T^{0,605}), \quad (4)$$

$K_{oc} = 1$ при осьових навантаженнях до 265 кН;

$K_{oc} = 1,24$ при навантаженнях 265-294 кН;

$K_{oc} = 1,55$ при навантаженнях більш 294 кН.

Напівемпірична залежність коефіцієнта вигину шпали від коефіцієнта її постілі має вигляд:

$$\alpha = 0,9222 (C_{\sigma} \cdot 10^{-4})^{-0,0627} \quad (5)$$

(можна використовувати для діапазону $C_{\sigma} = 6,0-22,0 \cdot 10^{-4} \text{ кН/м}^3$).

Роботи з визначення опірності дерев'яних шпал вертикальним навантаженням, які виконані в зимових умовах у 2009 році на ділянках № 11,12, показали, що збільшення коефіцієнта постілі в 1,6 рази взимку для промислових залізниць України є обґрунтованим.

Висновок. Таким чином, на основі експериментальних досліджень вперше отримані значення коефіцієнта постілі дерев'яних шпал для умов промислових залізниць, встановлені залежності змін цього параметра під час експлуатації колії з урахуванням впливу рівня осьових навантажень спеціальних і спеціалізованих вагонів та конструктивних особливостей колії промислового залізничного транспорту.

Список використаних джерел

1. Новичков, В.П. Рациональные способы усиления железнодорожного пути [Текст] / В.П. Новичков // Ж.-д. трансп. – 1956. – № 4. – С. 66- 68.
2. Birmam F. Neure Messung an Gleisen mit verschiedener Unterschwellung.- Eisenbahntechnische Rundschau,- juli, 1977, N. 7, s. 229- 246.
3. Даніленко, Е.І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність та стійкість [Текст] / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.
4. Иволга, Н.В. Об инерционных свойствах пути при движении по нему постоянной силы [Текст] / Н.В. Иволга, В.И. Климов // Труды ДИИТа. – Днепропетровск: ДИИТ, 1975. – №167/16. – С. 73-81.
5. Васютынский, А.А. Наблюдения над временными деформациями верхнего строения пути на Варшаво-Венской железной дороге [Текст] / А.А. Васютынский // Труды XV съезда инженеров службы пути. – М., 1858. – С. 12-17.
6. Стецкевич, И.Р. Об опытах над устойчивостью верхнего строения пути при проходе поездов [Текст] / И.Р. Стецкевич // Протоколы XII совещенного съезда инженеров службы пути русских железных дорог. – М., 1894. – С. 65-72.
7. Рубан, П.С. Методика работ по определению коэффициента постели шпал [Текст] / П.С. Рубан; Институт инженерных исследований НКПС. – М.: Транспечать, 1930. – Вып. 27.
8. Ершков, О.П. Исследование жесткости железнодорожного пути и ее влияние на работу рельсов в кривых участках [Текст] / О.П. Ершков // Труды ЦНИИ МПС. – М.: Трансжелдориздат, 1964. – Вып. 264. – С. 39-48.
9. Яковлев, В.Ф. Определение расчетных параметров пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью вибромашины [Текст] / В.Ф. Яковлев, И.И. Семенов, В.И. Абросимов // Труды ЛИИЖТа. – Л.: ЛИИЖТ, 1971. – Вып. 326. – С. 66-85.
10. Фришман, М.А. Экспериментальные определения жесткостей и неупругих сопротивлений пути [Текст] / М.А. Фришман, Л.Я. Воробейчик, Р.С. Липовской // Вестник ЦНИИ МПС. – 1970. – № 8. – С.31-35.

11. Сергеев, Б.Н. Упрощенные методы полевых испытаний рельсового пути [Текст] / Б.Н. Сергеев // Тр НИИ пути. – М.: Госжелдориздат, 1933. – С. 9-27.
12. Вериго, М.Ф. Определение динамического модуля пути [Текст] / М.Ф. Вериго // Техника железных дорог. – 1949. – №12. – С. 23-24.
13. Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути [Текст] / под ред. В.Г. Альбрехта и А. Ф. Золотарского. – М.: Транспорт, 1975. – 280 с.
14. Содержание балластной призмы железнодорожного пути [Текст] / под ред. Е.С. Варызгина. – М.: Транспорт, 1978. – 141 с.
15. Шахуняц, Г.М. Железнодорожный путь [Текст]: монография / Г.М. Шахуняц. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
16. Система для вимірювання переміщень в елементах інженерних конструкцій і споруд під дією навантажень [Текст]: пат. 70477 Україна; МПК¹¹ G 01 D 5/00; E01 B 35/00 / О.М. Даренський, В.М. Астахов, Н.В. Бугаєць, В.Г. Вітольберг, Є.А. Беліков. – № u 201114788; заявл. 13.12.2011; опубл. 11.06.2012; Бюл.№ 11. – 5 с.: ил.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Плуґін

Харлан В.І., кандидат технічних наук, начальник дирекції будівництва Бескідського тунелю Львівської залізниці.

Harlan V.I., Candidate tehnicnih Sciences, Head direktsiї budivnitstva Beskidskogo tonel Lvivskoї zaliznitsi.

**РУХОМИЙ СКЛАД ТА СПЕЦІАЛЬНА ТЕХНІКА
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ. ЛОКОМОТИВИ**

УДК 629.423.1

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОВОЗА ВЛ-11М

Магістрант П.М. Асмаковський

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОВОЗА ВЛ-11М

Магистрант П.М. Асмаковский

MODERNIZATION OF CONTROL SYSTEMS ON ELECTRIC
LOCOMOTIVE «VL-11M»

Master student P.M. Asmakovskiy

Розглянуто питання застосування змішаного збудження тягових електродвигунів на електровозах постійного струму. Наведено порівняння тягових характеристик тягових електродвигунів з послідовним і змішаним збудженням, їх переваги і недоліки.

Ключові слова: електровози постійного струму, режим тяги, тягові електричні двигуни, боксування, обмотка збудження, схеми регулювання магнітного потоку.

Рассмотрен вопрос применения смешанного возбуждения тяговых электродвигателей на электровозах постоянного тока. Приведены сравнения тяговых характеристик тяговых электродвигателей с последовательным и смешанным возбуждением, их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: электровозы постоянного тока, режим тяги, тяговые электродвигатели, боксование, обмотка возбуждения, схемы регулирования магнитного потока.

Nowadays in Ukraine we use rolling - stocks, which were designed in 1960 – 1970. All technologies, which are used in locomotive economy now, need to be improved and need to have new technological solutions. In this article we discuss the application of mixed excitation on electric traction motors of direct current, namely mainline freight electric locomotives such as VL – 11M. We presented the comparison characteristics of traction electric motors with using sequential and mixed excitation. We analyzed the results of the operation electric locomotives with traction electric motors of mixed excitation. Also we discussed the advantages and disadvantages of these electric motors. The information of the article can be used by the specialists of locomotive economy and by the students of railway universities.

Keywords: electric locomotive direct curren, traction mode, traction motors, slip, turns excitation control scheme of the magnetic flux.

Вступ. Головним завданням у роботі залізничного транспорту завжди було і є найбільш повне задоволення потреб народного господарства та населення в перевезенні за найбільш ефективного і раціонального використання транспортних технічних засобів.

На магістральних залізницях України експлуатуються вантажні електровози постійного струму серій ВЛ8, ВЛ10, ВЛ11, ВЛ11м побудови Тбіліського і

Новочеркаського електровозобудівних заводів, а також серій ДЕ1, 2ЕЛ4 українського виробництва. Оцінивши весь парк локомотивного господарства Укрзалізниці, можна зробити висновок, що більшість електровозів були спроектовані ще в 60-ті роки і всі задіяні технології потребують удосконалення та нових технічних рішень.

Загальна постановка проблеми, її зв'язок з важливими науковими та

практичними завданнями галузі. Якщо взяти до уваги магістральний електричний тяговий рухомий склад залізниць, то вирішення цього завдання полягає в необхідності збільшення розрахункових мас вантажних поїздів та швидкості їх руху, найповнішого використання потужності електровозів та їх зчіпної маси, подовження терміну служби та підвищення надійності обладнання, а також гнучкості управління силою тяги. Розглянувши наведені критерії, стає зрозуміло, що ці завдання більш актуальні для електровозів, які отримують живлення від контактної мережі постійного струму і мають контакторно-реостатне керування тяговими електричними двигунами (ТЕД) постійного струму. Найбільш несприятливим явищем для вантажних електровозів при рушанні з місця та подальшому розгоні, особливо з важким поїздом, є боксування колісних пар, яке супроводжується перегріванням та подальшим виходом з ладу ТЕД. Вирішення цієї проблеми досягається при застосуванні на них регульованого змішаного збудження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що універсальних методів щодо застосування змішаного збудження ТЕД не існує. Відомо, що для кожного з режимів роботи локомотива з електричною передачею вид тягової характеристики $F_k = f(v)$ та значення дотичної потужності N_k під час руху визначаються:

– видом сполучення ТЕД (серієсним С, паралельним П, серієсно-паралельним СП) і способом перемикання з одного виду сполучення ТЕД на інший (коротким замиканням, замиканням частини ТЕД на резистор з розривом електричного кола, за мостовою схемою);

– кількістю переходів з повного збудження (ПЗ) обмоток ТЕД на ступені його ослаблення (ОЗ) і навпаки;

– обмеженнями за силою пускового струму I_n та умовами зчеплення коліс з рейками при розгоні, а також за збудженням та конструктивною швидкістю руху після переходу на автоматичну частину характеристики $F_k = f(v)$;

– властивостями характеристик ТЕД і родом струму їх живлення [1].

Властивості характеристик ТЕД постійного струму визначаються способом підключення обмоток збудження (незалежне, паралельне, послідовне та змішане збудження із узгодженим чи зустрічним увімкненням).

Під час перегрупування ТЕД дотична сила тяги F_k локомотива не повинна зникати і поїзд має бути в розтягнутому стані, виключаючи набігання вагонів. При невиконанні цього її відновлення призведе до різкого навантаження ударно-тягових пристроїв і може викликати саморозчеп (розрив) поїзда чи його зупинку на підйомі. Порівняння переваг і недоліків відомих способів вирівнювання навантаження ТЕД постійного струму показує, що при контакторно-реостатному керуванні найбільш доцільним є послідовне та змішане (або комбіноване) збудження [2].

Змішане збудження ТЕД можна забезпечувати кількома способами. Відомі пропозиції заводів-виробників щодо підвищення надійності ТЕД та зміни в схемах серійних електровозів ВЛ10, ВЛ11 [3]. Є позитивний досвід модернізації та обладнання системою змішаного (комбінованого) збудження електровозів на залізницях РЖД при капітально-відновлювальному ремонті [4].

Мета і завдання дослідження — обґрунтування та аналіз схеми змішаного (комбінованого) збудження ТЕД електровозів постійного струму. Результати її застосування на електровозах українського виробництва наведені окремо.

Основна частина дослідження. У ТЕД послідовного збудження обмотки збудження увімкнено послідовно в ланцюг якоря (рис. 1), тому магнітний потік обмотки збудження залежить від струму якоря $I_{я}$ і при невеликому навантаженні магнітної системи маємо вираз

$$\Phi = kI_{я}, \quad (1)$$

де k - коефіцієнт пропорційності.

Тоді електромагнітний момент можна виразити як

$$M_{ем} = (c_m k I_{я}) I_{я} = c'_m I_{я}^2, \quad (2)$$

де c'_m – конструкційна константа двигуна.

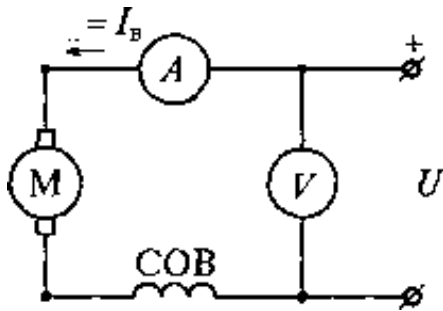


Рис. 1. Схема увімкнення ТЕД послідовного збудження

Обертальний момент двигуна при ненасиченому стані магнітної системи пропорційний квадрату струму якоря, а частота обертання обернено пропорційна струму навантаження:

$$n = \frac{U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{c_m I_{\text{я}}^2}, \quad (3)$$

де U – напруга мережі живлення.

Зі збільшенням навантаження момент у двигунах з послідовним збудженням зростає значно сильніше, аніж у двигунах з

паралельним збудженням, тобто він збільшується не тільки від збільшення струму в якорі, а й від зростання магнітного потоку [5].

Електродвигун зі змішаним збудженням одночасно має обмотки паралельного та послідовного збудження (рис. 2). Частота обертання вала цього двигуна визначається за виразом

$$n = \frac{U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{c_m \Phi}, \quad (4)$$

де

$$\Phi = \Phi_1 \pm \Phi_2. \quad (5)$$

де Φ_1 і Φ_2 – відповідно потоки паралельної і послідовної обмотки збудження, Вб.

Знак « \pm » відповідно (+) зменшує та (-) збільшує частоту обертання якоря ТЕД. Механічні характеристики двигуна змішаного збудження при спільному увімкненні обмоток збудження (рис. 2.) у порівнянні з механічними характеристиками двигуна послідовного збудження мають більш жорстку характеристику.

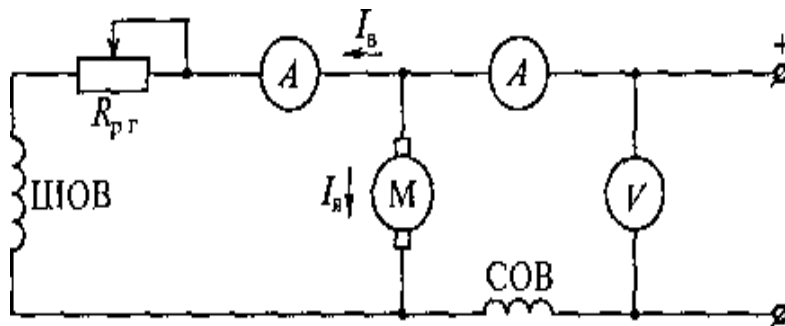


Рис. 2. Схема увімкнення ТЕД змішаного збудження

ТЕД змішаного збудження має ряд переваг у порівнянні з двигуном послідовного збудження. Наприклад, він може працювати вхолосту, тому що потік паралельної обмотки Φ обмежує частоту обертання якоря в режимі холостого ходу й усуває небезпеку «розносу» (рис. 3). Регулювання частоти обертання здійснюється реостатом $R_{\text{р}}$, в ланцюзі паралельної обмотки збудження.

Для електричної тяги поїздів на магістральних залізницях найбільше

застосування знайшли ТЕД постійного струму послідовного збудження. Причина цього полягає в тому, що названі ТЕД мають так звану «м'яку» характеристику залежності сили струму якоря $I_{\text{я}}$ від швидкості руху v [6].

Відповідно тягова характеристика електровоза з такими ТЕД (ТЛ-2К) також буде «м'якою» (рис. 4), тобто зміна швидкості v не буде супроводжуватися різкою зміною сили тяги F_k .

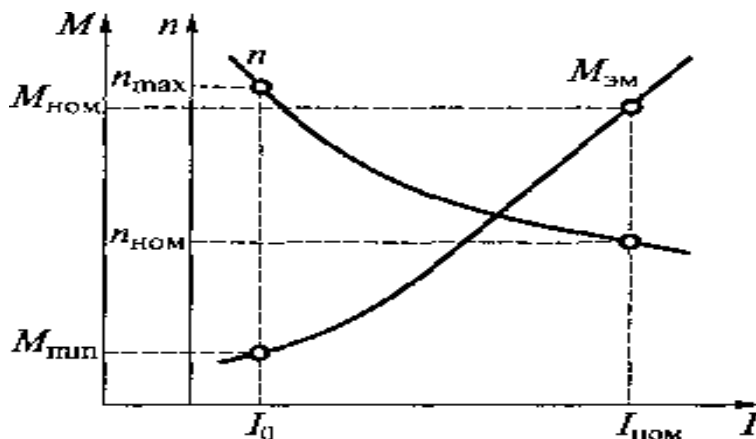


Рис. 3. Робочі характеристики ТЕД зі змішаним збудженням

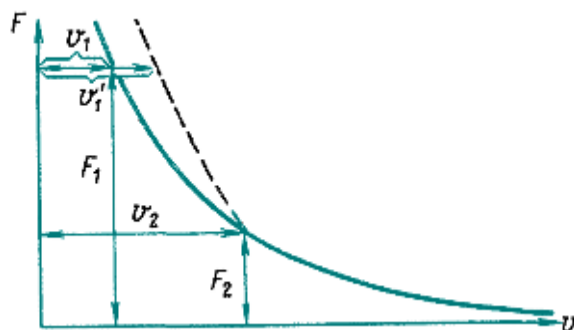


Рис. 4. Тягова характеристика ТЕД постійного струму

Як наслідок, різниця в діаметрах бандажів колісних пар локомотивів та, у певних межах, розбіжності електромеханічних характеристик ТЕД не надають суттєвого впливу на рівномірність розподілу навантаження між двигунами, встановленими на одному електровозі. За цього коливання напруги в контактній мережі не відбувається різких змін сили струму та відповідно F_k .

При змінах умов руху забезпечується автоматичне досягнення рівноваги між F_k і силою опору рухові W . Збільшення F_k не приводить до значного підвищення потужності ТЕД, бо швидкість v поїзда зменшується практично адекватно. Проте ці переваги є беззаперечними тільки за умов надійного зчеплення коліс з рейками.

Збільшення швидкості обертання якоря ТЕД при виникненні ковзання колісної пари по рейках не викликає різкого зменшення обертального моменту M . Тому, якщо не

вжити спеціальних заходів (подавання піску на рейки, зменшення сили струму $I_{я}$), ковзання перетвориться на боксування, яке буде неперервно зростати. Це суттєвий недолік колекторних ТЕД.

Збільшення N_k без зміни геометрії колеса і навантаження на його вісь стає недоцільним, бо підвищена N_k не буде реалізована на важкому профілі через обмеження по зчепленню коліс електровоза з рейками.

Збільшення N_k , не супроводжуване адекватним збільшенням зчпної маси електровоза, реалізується у швидкість v , тобто більш потужний електровоз однаково F_k розвине при більшій v . Як наслідок, більш потужні електровози мають більше значення розрахункової швидкості v_D .

На основі експериментальних випробувань РЖД було встановлено, що для електровозів (ВЛ10 та ВЛ10к) постійного

струму з послідовним збудженням при збільшенні струму якоря в квадраті збільшується сила тяги, за незначним зменшенням v . А для електровозів зі змішаним збудженням при фіксованому значенні струму якоря і плавній зміні (збільшенні) струму збудження за рахунок підживлення обмотки збудження від зовнішнього генератора відбувається лінійне збільшення F_k при ненасиченій магнітній системі ТЕД і лінійному зниженні v руху поїзда. Лінійні зміни F_k та v в цьому випадку залежать тільки від зміни струму збудження. При фіксованому значенні струму підбудження і плавній зміні струму якоря відбувається зміна F_k і v руху такими ж темпами, що і при послідовному збудженні ТЕД [7].

Електровоз з послідовним збудженням ТЕД автоматично забезпечує, при збільшенні опору руху поїзда, збільшення F_k за рахунок зниження v руху і зростання струму якоря до настання рівноваги. Ця властивість тягової характеристики послідовного збудження ТЕД справедлива за умови сталого зчеплення колеса з рейками. Коли електровоз, при веденні поїзда підвищеної маси, працює на межі зчеплення, збільшення опору руху поїзда, з якої-небудь причини, викличе зниження v і, як наслідок, значне зростання струму якоря F_k , а це у свою чергу призведе до несприятливого і необоротного процесу – розносному боксуванню і зупинки поїзда [8]. Дії машиніста або автоматики не зможуть запобігти усуненню цієї проблеми за рахунок зниження напруги на тягових двигунах, тому що в цьому випадку зниження сили тяги (струму якоря) йде швидше, ніж зменшується сила опору руху (швидкості поїзда).

Система змішаного збудження на електровозах постійного і змінного струму, на відміну від системи послідовного збудження ТЕД, при збільшенні опору руху поїзда, з якоїсь причини, забезпечує зниження швидкості руху поїзда за рахунок посилення магнітного поля ТЕД шляхом підживлення обмотки збудження від зовнішнього генератора, зберігаючи значення струму якоря на колишньому рівні та при цьому дещо

збільшивши F_k [9]. Крім того, посилення магнітного поля зменшує швидкість ковзання колеса щодо рейок, що підвищує реалізацію коефіцієнта зчеплення. Ця властивість дає змогу водити поїзд з ваговими нормами на 10-15% вище, ніж серійні електровози з послідовним збудженням ТЕД. Збільшення коефіцієнта зчеплення забезпечує стійке ведення поїзда і дає можливість для подальшого збільшення сили тяги.

Застосування змішаного збудження ТЕД на електровозах постійного і змінного струму може забезпечити реалізацію коефіцієнта зчеплення до 0,3-0,32, який у серійного електровоза з послідовним збудженням ТЕД міститься на рівні 0,2-0,25. Це дасть змогу реалізувати тягові властивості електровоза, які перебувають за межами обмеження по зчепленню для серійного електровоза з послідовністю збудження ТЕД.

При модернізації ТЕД, яка підвищить температуру перегріву до 200°C, можливе подальше збільшення сили тяги електровоза на 15-20 %, тобто режим змішаного збудження дає змогу підвищити рівень обмеження струму якоря по зчепленню на 25-30 %.

Електровози зі змішаним збудженням, як показують розрахунки, забезпечують економію електроенергії на рівні не менше 10% за рахунок:

- значного зниження часу роботи електровоза на реостатних позиціях, тобто вихід електровоза на ходову позицію відбувається на швидкостях в 1,2-1,4 рази нижче, ніж на електровозах з послідовним збудженням ТЕД, тим самим збільшується зона регулювання швидкості електровоза на ходових позиціях при повній напрузі на ТЕД відповідного з'єднання;

- значного зниження боксування і відсутності розносного боксування, яке змушує машиніста переходити на реостатні позиції, знижати швидкість ведення поїзда [10].

У наведеному графіку (рис. 5) наочно розкрито тягові характеристики як для електровозів послідовного, так і змішаного збудження ТЕД.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Схему змішаного збудження ТЕД можна застосовувати на електровозах постійного струму, у т.ч. українського виробництва. Розвитком напрямку досліджень є їх практична перевірка.

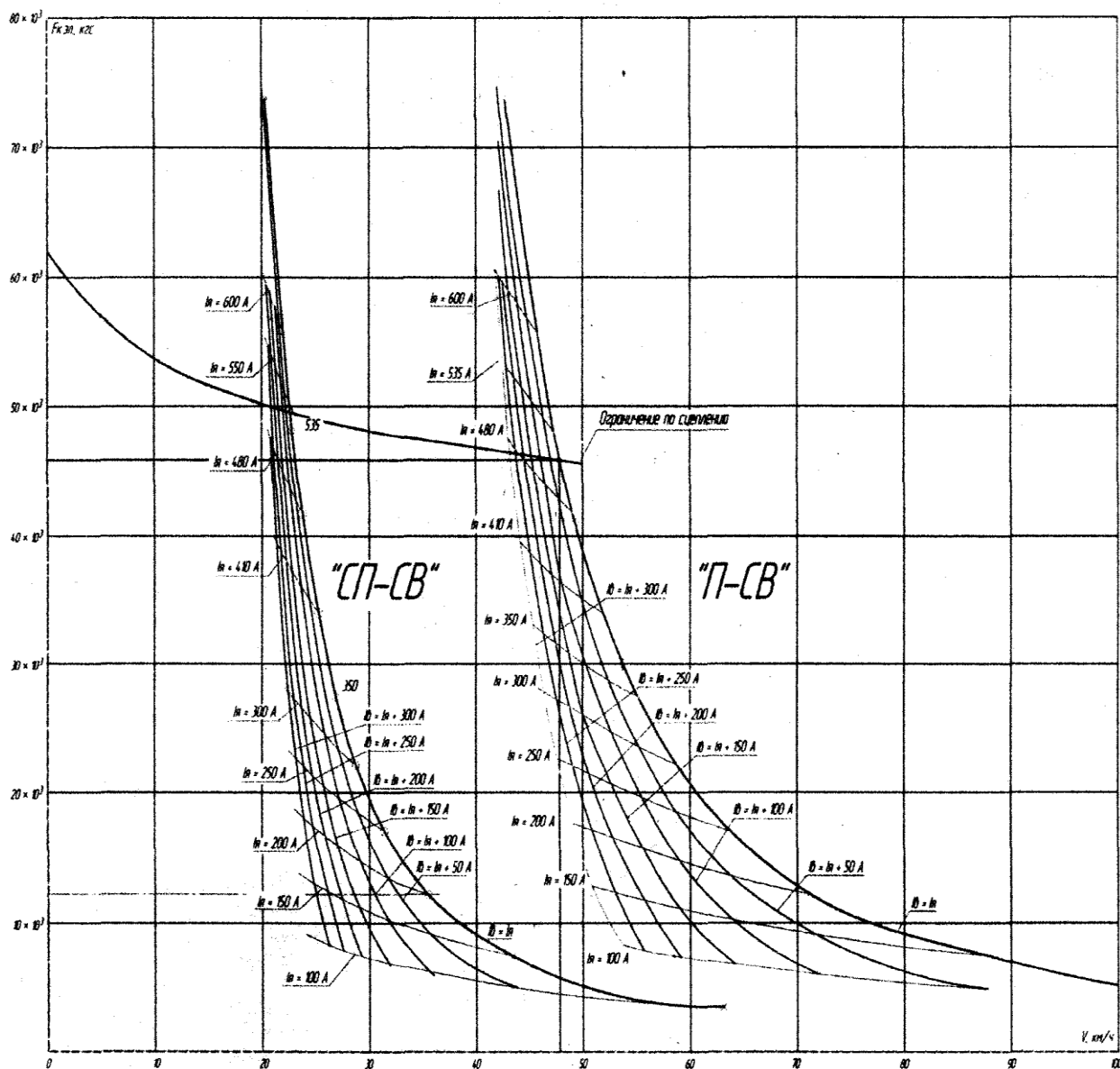


Рис. 5. Тягові характеристики локомотивів постійного струму з послідовним і змішаним збудженням відповідно

Список використаних джерел

1. Стрекопытов, В.В. Электрические передачи локомотивов: учеб. для вузов ж.-д. транспорта [Текст] / В.В. Стрекопытов, А.В. Грищенко, В.А. Кручек; под ред. В.В. Стрекопытова. – М.: Маршрут, 2003.— 310 с.
2. Плакс, А.В. Системы управления электрически подвижным составом [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / А.В. Плакс. – М.: Маршрут, 2005.— 360 с.
3. Захаров, В.И. Как повысить надёжность тяговых двигателей электровозов [Текст] / В.И. Захаров // Локомотив. — 2005.— № 3. — С. 27-28.
4. Наговицын, В.С. Изменения в схемах электровозов ВЛ11 [Текст] / В.С. Наговицын // Локомотив. — 2007. – № 2. – С. 14-17; № 3. – С. 19-21.
5. Захарченко, Д.Д. Тяговые электрические машины [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Д.Д. Захарченко, Н.А. Ротанов. – М.: Транспорт, 1991. – 343 с.

6. Горчаков, Е.В. Устройство и ремонт электровозов постоянного тока [Текст]: учеб. для техн. школ ж.-д. трансп. / Е.В. Горчаков. – М.: Транспорт, 1977. – 464 с.
7. Ламкин, А.Г. Электровозы ВЛ10К (УК): Что показывает эксплуатация [Текст] / А.Г. Ламкин [и др.] // Локомотив. — 2007. — № 5. – С. 30-31.
8. Чиракадзе, О.А. Электровоз ВЛ11 [Текст]: руководство по эксплуатации / Г.И. Чиракадзе, О.А. Кикнадзе. — М.: Транспорт, 1983. – 464 с.
9. Вохмянин, Э.С. Электрические схемы электровозов ВЛ11 и ВЛ11М [Текст] / Э.С. Вохмянин, В.Ю. Чумаков. – М.: Академкнига, 2003. – 235 с.
10. Пыров, А.Е. Электровозы постоянного и переменного тока со смешанным возбуждением тяговых электродвигателей [Текст] / А.Е. Пыров // Локомотив-Информ. — 2007. – № 11. – С. 31-35, № 12. – С. 12-17.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендиш

Асмаковський Павло Михайлович, магістрант групи МЗ-Л-12 Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (046) 592-27-09. E-mail: asmakovskiy@bigmir.net

Asmakovskiy Pavlo Mihaylovich, master student of group MZ-L-12 of Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel. (046) 592-27-09. E-mail: asmakovskiy@bigmir.net

УДК 629.423.31

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАМІНИ ДОПОМІЖНИХ МАШИН ЕЛЕКТРОВОЗА ЧС7 НА АСИНХРОННІ МАШИНИ

Канд. техн. наук П.О. Харламов, магістрант Є.М. Даценко

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОВОЗА ЧС7 НА АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

Канд. техн. наук П.А. Харламов, магистрант Е.Н. Даценко

PERFORMANCE EVALUATION OF SUBSTITUTE AUXILIARY MASHINES ELECTRICK LOCOMOTIVE CS7 FOR INDUCTION MACHINES

Cand. of techn.sciences P.A. Harlamov, master student E.M. Dacenko

Отримано вирази, що дають змогу оцінити ефективність заміни допоміжних машин електровоза ЧС7 на асинхронні машини. Проект замінних електричних машин порівнюється з вихідними електричними машинами.

Ключові слова: *електровоз, асинхронний двигун, заміна, оцінка ефективності, порівняння параметрів, переваги, недоліки.*

Получены выражения, позволяющие оценить эффективность замены вспомогательных машин электровоза ЧС7 на асинхронные машины. Проект заменяемых электрических машин сравнивается с исходными электрическими машинами.

Ключевые слова: *електровоз, асинхронний двигател, замена, оценка эффективности, сравнение параметров, преимущества, недостатки.*

Expressions are obtained to assess the effectiveness of the replacement locomotive CS7 auxiliary machines for asynchronous machines. Draft replacement electric cars compared with the initial electrical machines.

The expressions for estimating the effectiveness of the subsidiary machines of locomotive CS7 replacement into the asynchronous machines are obtained in this paper. The project of replacement electric machines is compared with the initial electrical machines. This article describes the design features of the subsidiary machines on direct and alternating current, their main advantages and disadvantages, specific causes of failure. Also the methodology of calculation the probability of components failure of the induction motor and the data on relevant failures in the work of this type of electrical machines are considered in this paper.

Keywords: electric locomotive, induction motor, a direct current engine, the estimate of efficiency, the comparison of parameters, advantages, disadvantages, design features.

Вступ. Основою залізничного транспорту українських залізниць є локомотивне господарство. Від безпечної і якісної роботи в першу чергу саме цієї галузі залежить забезпечення процесу перевезень на залізницях (виконання залізничним транспортом свого функціонального завдання), а також забезпечення безпеки руху поїздів.

До складу локомотивного господарства входять локомотивні депо (основні та оборотні), локомотиворемонтні підприємства, пункти технічного огляду та інші об'єкти.

Локомотивний парк Укрзалізниці застарів більш ніж на 90%. Більшість локомотивів, що зараз використовуються, були вироблені у 1960-1970-х роках. Вони застаріли морально й технічно. Особливо це стосується застарілого електропривода допоміжних машин, який зараз використовується на цих локомотивах. Це колекторні двигуни

постійного струму, які вимагають багато часу та коштів, потужностей виробництва та складного обладнання для їх підтримування у належному технічному стані. Це зумовило пошук альтернативних типів привода допоміжних машин.

У цій статті оцінюється можливість заміни застарілих колекторних двигунів привода допоміжних машин на більш нові асинхронні двигуни, що застосовуються на найбільш сучасних вітчизняних та закордонних локомотивах.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Згідно з проведеним аналізом роботи електровозів серії ЧС7 локомотивного депо Харків «Жовтень» були виявлені випадки позапланового на планових видах та непланового ремонту допоміжних електричних машин (табл. 1 та 2).

Таблиця 1

Позаплановий ремонт допоміжних електричних машин на планових видах

Рік	Кількість випадків
2009	4
2010	6
2011	19
2012	17
2013	20

Таблиця 2

Неплановий ремонт допоміжних машин

Рік	Кількість випадків
2009	3
2010	5
2011	6
2012	8
2013	10

Розглянемо причини виникнення цих випадків.

Двигуни постійного струму широко застосовуються. Їх експлуатація [1] спричиняє ряд значних незручностей, пов'язаних з конструктивними особливостями машин цього типу, а саме [5]:

- складність конструкції і, як результат, висока ціна;
- наявність щітково-колекторного вузла;
- велика маса;
- необхідність періодичного обслуговування.

Усі ці недоліки потребують істотних витрат при купівлі машин постійного струму та їх подальшій експлуатації, а так само вони можуть значно знизити надійність і точність систем у цілому [3].

У теперішній час приводи допоміжних машин електровозів, що експлуатуються на залізницях України, – це, як правило, приводи постійного струму, котрі поступаються за рядом показників електроприводам змінного струму на основі асинхронних двигунів. Серед переваг асинхронних двигунів (АД) у порівнянні з іншими машинами можна виділити таке:

- АД мають меншу вартість, так як прості у виготовленні та потребують менших витрат матеріалів при їх виробництві;
- вони більш надійні та не потребують частого технічного обслуговування, що зумовлено відсутністю щітково-колекторного вузла, контактних кілець та постійних магнітів;
- АД мають менші габарити.

Відсутність ковзного контакту між ланками ротора та статора у АД є основною причиною широкої популярності. У цілому відсутність колектора дає такі важливі практичні переваги:

- спрощення конструкції двигуна;
- підвищення надійності двигуна;
- зняття обмежень по робочій напрузі (бо саме колектор у двигуні постійного струму часто лімітує рівень максимальної робочої напруги, а відповідно і потужності).

Таким чином, використання асинхронного електропривода на електровозах покращує характеристики роботи, підвищує надійність електровоза.

До основних несправностей двигуна постійного струму належать такі:

- підвищене іскріння щіток;
- почорніння пластин колектора;

- щітки одного полюса іскрять сильніше щіток інших полюсів;
- круговий вогонь по колектору;
- щітки одного полюса іскрять сильніше щіток інших полюсів.

До основних несправностей двигуна змінного струму належать такі:

- при нормальному навантаженні машини частота обертання менше номінальної;
- котушки полюсів рівномірно нагріваються вище норми;
- двигун сильно гуде, сила струму в усіх фазах різна.

Вивчення досвіду експлуатації трифазних асинхронних двигунів [6] показало, що основним елементом конструкції, схильним до відмов, є обмотка. З точки зору надійності обмотку асинхронних двигунів можна розглядати як систему, що складається з послідовно з'єднаних елементів. Такими елементами є пари сусідніх провідників, композиція пазової ізоляції і композиція міжфазної ізоляції в лобових частинах обмотки [2]. При двошаровій обмотці повинна бути також врахована надійність ізоляції між секціями. Так як відмова будь-якого перерахованого елемента призводить до відмови всієї системи (обмотки), надійність обмотки (ймовірність безвідмовної роботи) може бути визначена згідно з теоремою множення ймовірності за формулою

$$\delta_{i_a} \{t\} = \prod_{i=1}^n p_i \{t\} \prod_{n=1}^z p_n \{t\} \prod_{m=1}^m p_m \{t\} \prod_{c=1}^z p_c \{t\},$$

де $p_i \{t\}$ - надійність міжвиткової ізоляції пари провідників;

$p_n \{t\}$ - надійність композиції пазової ізоляції в одного паза;

$p_m \{t\}$ - надійність композиції міжфазної ізоляції в лобової частини обмотки (однієї міжфазної прокладки);

$p_c \{t\}$ - надійність композиції міжсекційних ізоляцій у паза (при двошаровій обмотці).

Найменше значення має перший співмножник $\prod_{i=1}^n p_i \{t\}$, який в основному і

визначає надійність обмотки. Це обумовлено двома факторами: відносно низькою надійністю межвиткової ізоляції і значною

кількістю пар провідників в асинхронних двигунах ($n = 10^2 \div 10^3$). Надійність композиції пазової міжфазної і міжсекційної ізоляції звичайно досить висока.

Зазначені міркування підтверджуються матеріалами вивчення [7] досвіду експлуатації асинхронних двигунів. Відмови за характером пошкодження обмоток розподіляються таким чином:

- міжвиткові замикання – 93 %;
- пошкодження і пробої пазової ізоляції – 2%;
- пробої міжфазної ізоляції – 5 %.

Наведені дані показують, що основна увага в асинхронних двигунах повинна бути приділена підвищенню надійності міжвиткової ізоляції.

Висновок. У цій статті були наведені основні переваги та недоліки електричних машин постійного та змінного струму, а також їх основні характерні несправності.

Враховуючи наведені вище дані про електродвигуни постійного та змінного струму, їх недоліки та переваги, характерні причини виходу з ладу, можна зробити висновок, що з точки зору конструктивних особливостей асинхронні двигуни мають значно більшу ймовірність використання як допоміжні машини у локомотивах. Більш проста та надійна конструкція асинхронних двигунів дає можливість більш надійної та безвідмовної роботи цього типу машин, ніж машин постійного струму. Зменшується час простою у позапланових ремонтах, що в свою чергу дає можливість використовувати локомотиви більш ефективно та раціонально.

Заміна допоміжних електричних машин локомотива ЧС7, враховуючи наведені у статті дані, дасть змогу зменшити кількість відмов та позапланових ремонтів.

Список використаних джерел

1. Москаленко, В.В. Электрический привод [Текст]: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Москаленко. – М.: Издательский центр "Академия", 2007. – 368 с.
2. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием [Текст] / Г.Г. Соколовский. – М.: Издательский центр "Академия", 2006. – 272 с.
3. Новиков, В.А. Тенденции развития электроприводов, систем автоматизации промышленных установок и технологических комплексов [Текст] / В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Электротехника, 1996. – С. 26 – 29.
4. Сабинин, Ю.А. Частотно-регулируемые асинхронные электроприводы [Текст] / Ю.А. Сабинин, В.Л. Грузов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 128 с.
5. Беспалов, В.Я. Электрические машины [Текст] / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М.: Академия, 2006. – 320 с.
6. Вольдек, А.И. Электрические машины [Текст] / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – С.Пб.: Питер, 2008. – 320 с.
7. Лопухина, Е.М. Расчет асинхронных микродвигателей однофазного и трехфазного тока [Текст] / Е.М. Лопухина, С.Г. Сомихина. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 351 с.
8. Зимин, В.И. Обмотки электрических машин [Текст] / В.И. Зимин. – М.: Энергия, 1970. – 472 с.
9. Ключев, В.И. Ограничение динамических нагрузок электроприводов [Текст] / В.И. Ключев. – М.: Энергия, 1971 – 320 с.
10. Михайлов, А. Математическое моделирование [Текст] / А. Михайлов, А. Самарский. – М.: Академкнига, 2001. – 454 с.
11. Рябов, В.И. Электрооборудование [Текст]: учеб. для сред. спец. учеб. заведений / В.И. Рябов. – 5-е изд., перераб. – М.: Экономика, 1990. – 177 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.П. Фалендиш

Харламов Павло Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації і ремонту рухомого складу.
Тел.: (057) 730-19-80.

Даценко Євген Миколайович, магістрант групи МЗ-Л-12. Тел.: 0958692366. E-mail: smikybest@gmail.com.

Harlamov Pavel Aleksandrovych, candidate of technical science, associate professor of the department "Maintenance and repair of railway vehicles" Tel.: (057)730-19-80.

Datzenko Evgenij Nickolaevych, master student of group MZ-L-12. Tel.: 0958692366. E-mail: smikybest@gmail.com.

УДК 629.41: 629.472

РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДЕПО ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Магістрант М.І. Смоляк, д-р техн. наук А.П. Фалендиш, канд. техн. наук А.М. Зінківський

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДЕПО ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Магистрант М.И. Смоляк, д-р техн. наук А.П. Фалендыш, канд. техн. наук А.Н. Зинковский

DEVELOPMENT OF MEASURES ON INCREASE THE EFFICIENCY OF DEPOT AT THE EXPENSE RATIONAL USE OF ENERGY

Master student M. Smolyak, doct. of techn. sciences A. Falendysh, cand. of techn. sciences A. Zinkivskyi

Розглянуто заходи з економії енергоресурсів у локомотивному депо. Описуються фактори, що впливають на витрати палива та електричної енергії, існуючі пристрої і шляхи для оптимізування витрат паливно-енергетичних ресурсів та впровадження новітніх систем.

Ключові слова: локомотивне депо, ресурсозбереження, економія енергоресурсів, витрата дизельного палива, енергетичний баланс, питомі витрати, енергоємний, енергоресурси, модернізація, гребенезмащувач, рекуперація.

Рассмотрены мероприятия по экономии энергоресурсов в локомотивном депо. Описываются факторы, которые влияют на расход топлива и электроэнергии, существующие устройства и пути, для оптимизирования расходов топливо-энергетических ресурсов, а также внедрения новейших систем.

Ключевые слова: локомотивное депо, ресурсосбережения, экономия энергоресурсов, расход дизельного топлива, энергетический баланс, удельный расход, энергоёмность, энергоресурсы, модернизация, гребнесмазыватель, рекуперация.

This article discusses issue of the rational use of of energy resources enterprises of railway transport. Describes the different factors are that affect the fuel consumption of and energy. The main conservation activities of energy resources when performing train and shunting operation in the locomotive depot with the technical, organizational parties. Are defined dependencies between specific consumption of fuel and energy resources and weight of trains and locomotives power, whereby suggests ways to reduce power consumption and decrease the resistance forces movement of the train. The existent devices and ways in order to optimize fuel consumption - of energy resources, as well as introduction of new systems. Are suggested lubricating system the ridges locomotive wheelsets for the to retain their original geometry longer period of time and have a system to ensure precise control over fuel consumption of by diesel locomotives and the account of its the residue while performing work.

Keywords: locomotive depot, resource conservation, economy of energy resources, consumption of diesel fuel, energy balance, unit costs, energy intensive, energy, modernization, recuperation.

Вступ. Вирішення проблеми ресурсозбереження в Україні сьогодні є одним з пріоритетних напрямків державної політики [1-3]. Ця проблема тісно пов'язана з проблемами енергетики, екології, технічного переозброєння та структурної перебудови всієї економіки. Важливість ресурсозбереження підтверджується прийняттям у 1994 р. Закону України «Про енергозбереження» [3] та

відповідних державних програм [2]. Заплановано скорочення втрат різних видів ресурсів, зокрема первинних енергоресурсів з 33 до 28 % (у 2010 р.), хоча Україна забезпечена ними лише на 47 % [3].

Постановка завдання. На даний момент світова економіка досить відчутно страждає від фінансової кризи, також це стосується і залізничного транспорту. Тому потрібно

вирішувати питання щодо економії ресурсів та коштів залізниці. Зниження енерговитрат на тягу поїздів є актуальним завданням, успішному рішення якого сприяє правильне розуміння факторів, що впливають на витрату електроенергії, і можливостей впливу на них з метою зниження енерговитрат. Повне й всебічне уявлення про це дає енергетичний баланс руху (ЕБР) поїздів, отриманий на підставі закону збереження й перетворення

енергії та описуваний системою лінійних алгебраїчних рівнянь, кожен доданок яких є інтегральною величиною [4-6].

Мета статті. Метою статті є розроблення заходів зі зниження та оптимізації витрат енергоресурсів у локомотивному депо.

Виклад матеріалу. Виходячи з аналізу ЕБР поїздів можна запропонувати напрямки зниження витрати електроенергії на тягу, які подано на рис. 1.

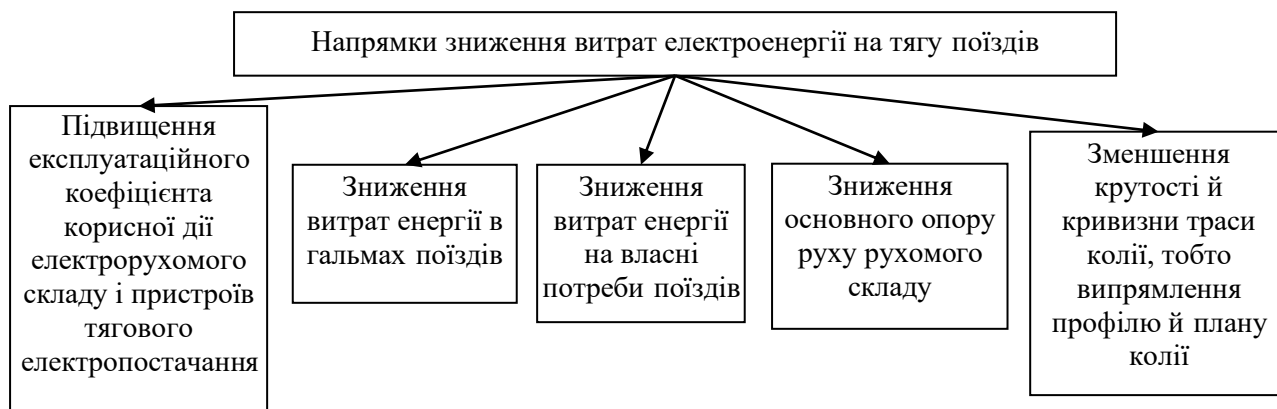


Рис. 1. Напрямки зниження витрат електроенергії на тягу поїздів

Для практичного застосування зазначених напрямків на мережі залізниць доцільно рекомендувати такі способи:

- підвищення маси поїздів і завантаження вагонів, застосування енергооптимальних значень маси й швидкості руху поїздів;

- застосування енергооптимальних режимів водіння поїздів, що передбачають максимальне корисне використання накопиченої механічної енергії (потенційної й кінетичної);

- підвищення ефективності рекуперативного гальмування на ЕРС постійного і змінного струму;

- удосконалення обліку, аналізу, нормування й прогнозування витрат електроенергії на тягу;

- підвищення енергетичної ефективності електричної тяги шляхом удосконалення конструкції рухомого складу, електричних схем і електроустаткування ЕРС, пристроїв тягового електропостачання, сигналізації й зв'язку;

- модернізація експлуатованого ЕРС із метою підвищення його економічності, ККД, зниження енерговитрат на власні потреби;

- розширення полігону застосування рекуперації на електрифікованих лініях шляхом оснащення ЕРС новими системами рекуперативного гальмування, відновлення несправних схем рекуперації;

- застосування перспективних електровозів змінного струму й пасажирських електровозів постійного струму з рекуперативним гальмуванням, а також ЕРС подвійного живлення, у тому числі з безколекторними тяговими двигунами.

Проведений аналіз основних експлуатаційних факторів, що впливають на витрату електроенергії в тязі поїздів, показав таке. При одній і тій же масі електровоза зі збільшенням маси складу вагонів коефіцієнт впливу маси локомотивів на питому витрату енергії зменшується, отже, знижується питома витрата електроенергії на тягу. Якщо при збільшенні маси складу вагонів пропорційно зростає маса електровоза, то питома витрата електроенергії на тягу, як правило, знижується в меншому ступені. Більш повне й наочне уявлення про фактори, від яких залежить витрата електроенергії на тягу поїздів, дає алгоритм, поданий на рис. 2.

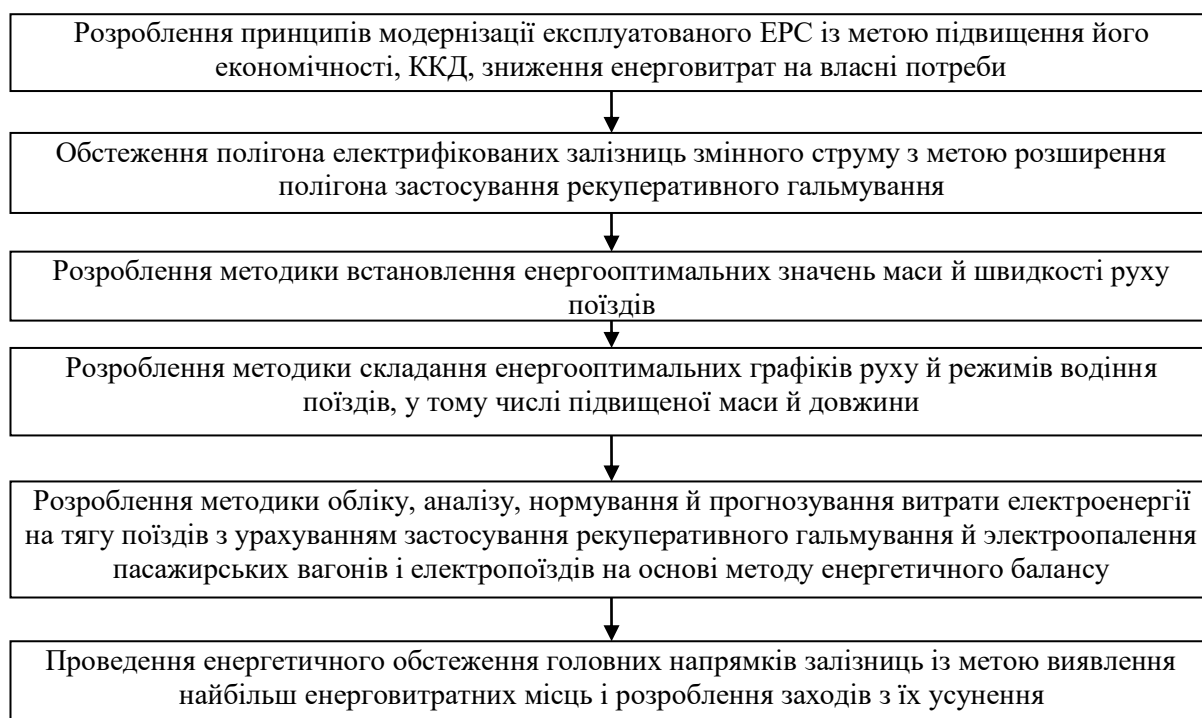


Рис. 2. Алгоритм визначення витрат електроенергії локомотивами

За даними теоретичних досліджень можливо досягти зменшення величини опору рухомого складу, за інших рівних умов, на величину до 15 % за рахунок змащення зони тертя гребеня колісної пари та бокової грані рейки, а також інших заходів, які зменшують величину енергії, що витрачені на подолання опору від тертя поверхонь [5-9]. На рухомому складі Укрзалізниці застосовується українська конструкція локомотивного гребенезмащувача СПП 12-5, який являє собою пристрій з електропневматичним керуванням для подачі змащення правильно спроектованим пристроєм на певну зону гребенів бандажів передньої по ходу колісної пари [9].

Для забезпечення достовірного обліку витрат палива на маневровий рух та його збереження, визначення витрат палива по кожному елементу нормування для більш об'єктивного нормування витрат палива локомотивними бригадами впроваджені розрахунок питомої норми витрат електроенергії і палива на маневрову роботу, який проводиться з урахуванням навантаження локомотива, часу роботи при переробці вагонів, часу простою в режимі холостого ходу, резервного пробігу та часу прогріву

локомотива. Також на маневрових локомотивах встановлена система БІС-Р (рис. 3) [10].

Система БІС-Р дає змогу контролювати витрати палива кожного тепловоза, а також його заправку. Також є система «Дельта», яка контролює витрати палива [10].

Модернізація електровозів шляхом введення ступінчатого регулювання швидкості обертання вентиляторів охолодження електричних двигунів у залежності від реалізованої ними сили тяги забезпечує економію в середньому 225 тис. кВт·год електроенергії на власні потреби за рік (типова конструкція передбачає постійну максимальну швидкість їх обертання).

Повернення електроенергії в тягову мережу при застосуванні рекуперативного гальмування дає змогу зменшити використання електричної енергії на тягу поїздів і, як наслідок, зменшує питомі витрати в електротязі. Електровози, обладнані системою автоматичного керування рекуперативним гальмуванням, дають можливість рекуперувати енергію на високих швидкостях у певних умовах. Автоматична система дає змогу знижувати витрату піску при рекуперативному гальмуванні.

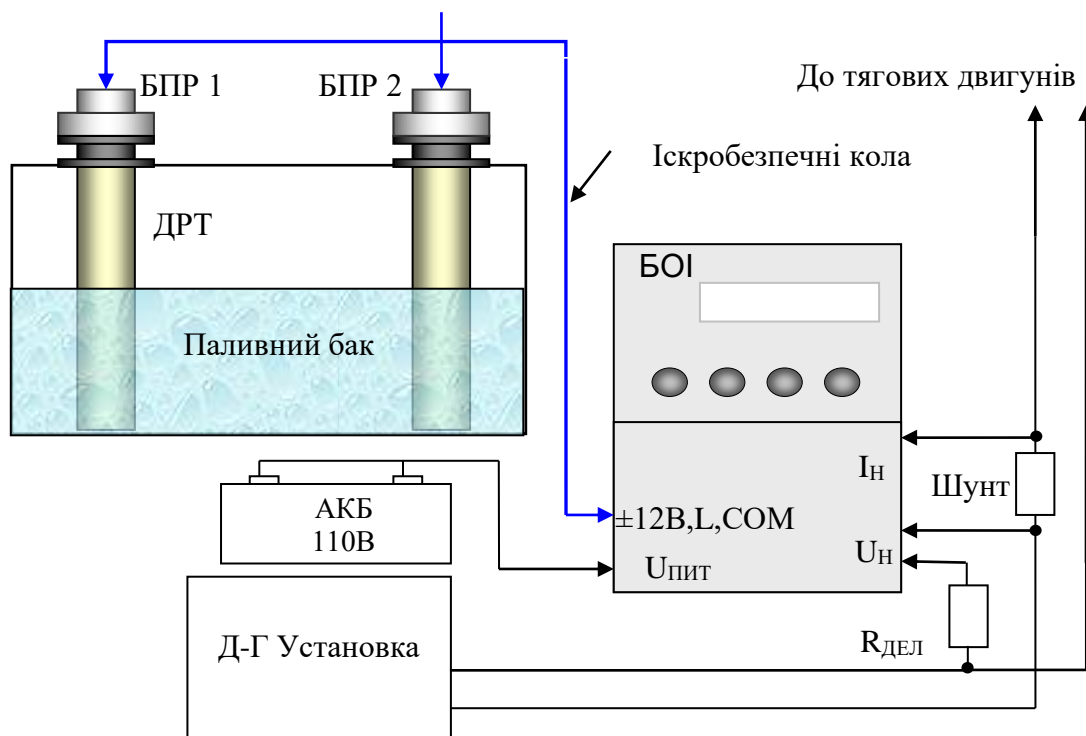


Рис. 3. Структурна схема системи БІС-Р:

БОІ – блок обробки й індикації, який встановлюється в кабіні тепловоза; БПР – ДУТ – два датчики рівня і температури, конструктивно об'єднані з блоками перетворювачів

Висновки. В умовах дефіциту паливно-мастильних матеріалів, постійного зростання цін на енергоносії, питання їх економії і раціонального використання є надзвичайно актуальним. Локомотивне господарство є найбільшим енергоємним на залізничному транспорті, так як несе витрати енергоресурсів на тягу поїздів.

Зниження енергоємності може бути досягнуто за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів та посилення контролю за використанням паливно-енергетичних ресурсів за рахунок таких рекомендацій та заходів:

– застосування технічних засобів та організації регламенту експлуатації,

спрямованих на їхнє більш ефективне використання локомотивів;

– модернізація тягового рухомого складу з метою покращення його технічних характеристик та підвищення економічності в процесі експлуатації на залізницях України;

– визначення алгоритму залежності витрат електроенергії електровозами;

– застосування стаціонарних систем рубрикації та локомотивних гребенезмащувачів;

– застосування на дизельному тяговому рухомому складі системи контролю за витрат палива типу БІС-Р та «Дельта».

Список використаних джерел

1. Гриценко, Н.В. Економічні аспекти впровадження ресурсозберігаючих технологій на залізничному транспорті [Текст] / Н.В. Гриценко, Ю.О. Крихітіна // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2010. – № 32. – С. 89-93.

2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/lows/show/1390-2009-п>.

3. Про енергозбереження [Електронний ресурс]: закон України. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр?test=XX7MfyrCSgky5VXIZibKxUhbHdlNosFggkRbIlc>.
4. Данько, М.І. Математичне моделювання витрат палива маневровими локомотивами [Текст] / М.І. Данько, Т.В. Бутько, В.Д. Зонов, М.П. Тогчів // Залізничний транспорт України. – 2004. – № 3. – С. 29–32.
5. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії [Текст] / за ред. П.Р. Левковця. – К.: НТУ, ІЕБТ. – 2002. – 216 с.
6. Основні напрямки роботи Укрзалізниці з енергозбереження та її результати [Текст] // Локомотив-інформ. – Харків: Техностандарт, 2010. – № 4. – С. 24 – 26.
7. ГОСТ 11018-2005. Тяговый подвижной состав железных дорог колеи 1520 мм. Колесные пары. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 01.07.2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – III, 17 с.
8. ГОСТ 398-96. Бандажи из углеродистой стали для подвижного состава железных дорог широкой колеи и метрополитена. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.1998. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 1997. – IV, 15 с.
9. Системы смазки гребней колес СПП-12-5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uttm.com.Ua/products-2.html>. – Назва з екрана.
10. Топливосбережение и экология дизельных установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cmt.perm.ru/index.files/Page832.htm>. – Название с экрана.

Смоляк Максим Иванович, магістрант НН ІППК, група МЗ-Л-12, машиніст електровоза локомотивного депо “Харків - Сортувальний”.

Фалендиш Анатолій Петрович, доктор техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу, завідувач кафедри теплотехніки та теплових двигунів. Конт. тел. 057-730-1999.

Зінківський Артем Миколайович, канд. техн. наук, асистент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу. Тел. 057-730-1999.

Smoliak Maksym, master student, the driver of an electric locomotive depot "Kharkov - Sorting".

Falendysh Anatoly, doct. of techn. sciences, professor of "Maintenance and repair of rolling stock," head "Heat and Heat Engines." Tel. 057-730-1999.

Zinkivskyi Artem, cand. of techn. Sciences, assistant "Maintenance and repair of rolling stock." Tel. 057-730-1999.

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

**ZBIRNIK NAUKOVIH PRAC' UKRAINS'KOI DERZAVNOI
AKADEMI ZALIZNICNOGO TRANSPORTU**

Випуск 144

Збірник включено до переліку № 1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанова президії ВАК України № 1-05/4 від 26 травня 2010 р.)

Статті друкуються мовою оригіналу

Відповідальний за випуск Панарін С.В.

Редактори Буранова Н.В., Еткало О.О.,
Ібрагімова Н.В., Решетилова В.В.

КВ № 8617 від 06.04.2004 р. Підписано до друку 12.05.2014 р.
Формат паперу 60x84 1/8. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 10,0. Тираж 105. Замовлення № 228.

Видавець Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Виготовлювач ТОВ «Енергозберігаючі технології»
61050, Харків, Харківська набережна,8.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1360 від 19.05.2003р.

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Випуск 144

Харків 2014