

УДК 656.212.5

М. А. АСЄЄВ^{1*}

^{1*}Харківське відділення філії «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Українська залізниця», вул. Євгена Котляра, 7, 61050, м. Харків, Україна, тел. +38(097) 31-94-098, ел. пошта: aseev.maksim1988@gmail.com, ORCID 0000-0002-2707-4224

РОЗРОБКА НАПРЯМКУ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ ШВИДКОСТІ ВИХОДУ ВІДЧЕПІВ З ПАРКОВОЇ ГАЛЬМОВОЇ ПОЗИЦІЇ

Мета. Метою роботи є обґрунтування наукового підходу щодо підвищення точності розрахунку швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції. **Методика.** Підвищити точність розрахунку швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції запропоновано шляхом уточнення параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа для потенціалу швидкості. **Результати.** Задачу уточнення параметрів метеорологічних умов серед багатьох способів доцільно визначати способом Ейлера для опису руху суцільного середовища на основі рівняння Лапласа для потенціалу швидкості. Виявлено основні переваги розрахунку параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа. **Наукова новизна.** Вперше запропоновано розраховувати швидкість виходу відчепів з паркової гальмової позиції з урахуванням уточнених параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа. На відміну від відомих підходів до розрахунку швидкості виходу відчепів даний підхід надасть можливість визначати напрямок та швидкість вітру, яка діє на відчеп у будь-якій точці сортувального парку. **Практична значимість.** Розрахунок швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції з урахуванням уточнених параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа може використовуватись в будь-яких автоматизованих системах керування сортувальною гіркою для підвищення ефективності сортувального процесу та ресурсозбереження.

Ключові слова: сортувальна гірка, автоматизовані системи керування сортувальною гіркою, метеорологічні параметри, потенціал швидкості, відчеп.

Вступ

Однією з головних задач, які вирішуються в автоматизованих системах керування сортувальною станцією, є регулювання швидкості скочування відчепів. Досвід роботи вітчизняних та закордонних автоматизованих сортувальних гірок показує, що за рахунок впровадження підсистеми регулювання швидкості відчепів покращилась якість сортувального процесу, а саме: скоротились кількість та довжина вікон на коліях сортувального парку, зменшився обсяг маневрової роботи на станції, покращились умови праці робітників, підвищився рівень схоронності вагонів та вантажів [1].

Аналіз роботи підсистем регулювання швидкості скочування відчепів у відомих автоматизованих системах виявив, що шляхом впровадження таких підсистем не в повній мірі можливо забезпечити високу якість сортувального процесу (зменшити довжину вікон та забезпечити допустиму швидкість зіткнення вагонів). Це пов'язано з тим, що сортувальні гірки працюють в умовах невизначеної вхідної інформації про відчепи та умов зовнішнього середовища, неточність у реалізації заданих швидкостей

виходу з паркової гальмової позиції (ПГП), велику кількість втручань у процес автоматизованого управління парковими уповільнювачами, неможливість достовірного моделювання точного місцезнаходження відчепів у зоні дії пристроїв контролю зайнятості колії сортувального парку [2].

Таким чином, підвищення якості сортувального процесу в підсистемах автоматизованого регулювання швидкості скочування відчепів є достатньо актуальною і складною науково-прикладною задачею.

Мета

Метою роботи є обґрунтування наукового підходу щодо підвищення точності розрахунку швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції.

Методика

Підвищити точність розрахунку швидкості виходу відчепів з паркової гальмової позиції запропоновано шляхом уточнення параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа для потенціалу швидкості.

Результати

Одним із способів підвищення точності розрахунку швидкості виходу відчепів з ПГП є уточнення параметрів метеорологічних умов (швидкості та напрямку вітру) та ходових властивостей відчепів під час розформування.

За рахунок збільшення точності розрахунку та реалізації швидкості виходу відчепів з ПГП можливо покращити якість прицільного гальмування. Швидкість виходу з ПГП на окремих автоматизованих сортувальних гірках визначається за формулою [3]:

$$V_{\text{ПГП}} = \sqrt{V_{\text{спв}}^2 - 2aL_{\text{т.прц}}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{спв}}$ – швидкість співударяння відчепів на коліях сортувального парку;

a – прискорення руху відчепу на коліях сортувального парку;

$L_{\text{т.прц}}$ – відстань від ПГП до останнього вагону на колії сортувального парку.

Значення основного питомого опору руху вагона w_0 , питомого опору руху вагона від повітряного середовища і вітру, питомого опору руху вагона від снігу та інею, прискорення вільного падіння з урахуванням моменту інерції мас, що рухаються, g та уклон колії включені у параметр a . В автоматизованих системах параметр a отримують на основі часу проходження контрольних точок, які розташовані на спускній частині гірці. При попередньому моделюванні розпуску составів визначення параметру a відбувається аналітичним методом.

Спосіб підвищення точності розрахунку швидкості виходу відчепів з ПГП шляхом уточнення ходових властивостей відчепів наведено у [4]. В якості основного критерію оцінки якості прицільного гальмування швидкості скочування відчепів було прийнято середню величину вікна в сортувальному парку при фіксованому значенні імовірності перевищення нормативної швидкості співударяння відчепів. Авторами було порівняно якість прицільного регулювання швидкості при відсутності та наявності ходових характеристик одновагонного відчепу і відчепів з різною кількістю вагонів та проаналізовано отримані результати.

Впровадження системи уточнення ходових характеристик одновагонного відчепу дозволяє суттєво покращити якість прицільного регулювання на відстані від 500 до 700 м від вершини гірки.

Однак, систему уточнення ходових властивостей не є доцільним використовувати для відчепів з кількістю вагонів більш ніж 5.

Вирішення задачі підвищення точності розрахунку швидкості виходу відчепів з ПГП способом уточнення параметрів метеорологічних умов потребує глибокого вивчення комплексу взаємопов'язаних метеорологічних елементів та явищ.

На даний час в автоматизованих системах параметри метеорологічних умов визначаються за допомогою метеостанції (розташовується на території станції з флюгером на відстані 10-15 м від рівня землі) або двох метеорологічних датчиків (один розташовується на гірці, другий – біля першої гальмової позиції на рівні криши вагонів). Дані з метеостанції та датчиків надходять до головного серверу системи, після чого остання розраховує прискорення кожного відчепу. Як можна побачити, дані з метеорологічних датчиків отримують у конкретній точці на конкретній відстані від землі. При цьому не враховується швидкість вітру, яка безпосередньо діє на відчеп, і ситуація на коліях сортувального парку.

Задача уточнення параметрів метеорологічних умов повинна вирішуватися на основі методів математичного моделювання окремих атмосферних процесів, які ґрунтуються на їх фізико-математичному аналізі. За допомогою диференціальних рівнянь, спираючись на закони руху у суцільному середовищі, можна описувати атмосферні процеси [4]. Використовуючи в якості вихідних даних фактичні, вирішення диференціальних рівнянь слід здійснювати чисельними методами за допомогою ЕОМ. Таким чином можна знайти кількісні закономірності атмосферних процесів та прогнозувати їх розвиток.

Механіка завдання руху суцільного середовища має свої специфічні прийоми. Існує два основні способи якими можна описати рух суцільного середовища: способи Лагранжа та Ейлера [6].

Спосіб Лагранжа ґрунтується на знаходженні величин (координат) x , y , z однієї і тієї ж частки середовища, що рухається. Ці координати у будь-який момент часу t необхідно розглядати як функцію від часу t та параметрів x_0 , y_0 , z_0 . Більш того, прийнято розглядати замість декартових координат криволінійні a , b , c . Рівняння руху суцільного середовища способом Лагранжа має наступний вид:

$$\begin{aligned} V_x = u &= \frac{dx}{dt} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} \\ V_y = v &= \frac{dy}{dt} = \frac{\partial \varphi_2}{\partial t}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$V_z = w = \frac{dz}{dt} = \frac{\partial \varphi_3}{\partial t}.$$

Інший спосіб, яким можна описати рух суцільного середовища, запропонований Ейлером. Ейлер першим запропонував основну систему рівнянь руху ідеальної рідини та ним покладено тлумачення щодо дії рівнобіжних сил тертя ідеальної рідини на об'єкт, що об'їкається ідеальною рідиною. Цей спосіб полягає у вираженні швидкостей часток у функції від часу та координат x , y , z точок у просторі. Тобто у методі Лагранжа величини x , y , z є змінними координатами однієї і тієї ж частки повітря що рухається, а в методі Ейлера ці координати точок у просторі, повз яких проходять різноманітні частки повітря.

Рух суцільного середовища по Ейлеру задається так:

$$\begin{aligned} u &= u(x, y, z, t), \\ v &= v(x, y, z, t), \\ w &= w(x, y, z, t). \end{aligned} \quad (3)$$

Лінії току поля (векторні лінії поля швидкості, в яких у кожній точці в даний момент часу швидкість направлена по дотичній до них) будуть не співпадати з траєкторією руху деяких часток, які представляють просторовий слід руху часток у часі. Тому, рівняння Ейлера буде мати звичайний диференціальний вид:

$$\frac{\delta x}{u(x, y, z, t)} = \frac{\delta y}{v(x, y, z, t)} = \frac{\delta z}{u(x, y, z, t)}, \quad (4)$$

Порівнюючи обидва способи опису руху суцільного середовища, було обрано для подальших досліджень спосіб Ейлера, як більш простий та пригожий для поставленої задачі.

Для визначення потенціалу швидкості вітру у деякій точці (з урахування усіх імовірних схем руху вітру) способом Ейлера буде затрачено значний проміжок часу. Розуміючи що розраховані значення параметрів метеорологічних умов повинні поступати до обчислювального центру автоматизованих систем управління сортувальними станціями в режимі on-line необхідно зробити припущення з метою спрощення задачі з визначення потенціалу швидкості.

Виходячи з вищенаведеного, розрахунок потенціалу швидкості повинен базуватись на теорії безвихрової течії, яка представляє великий практичний інтерес та може значно полегшити теоретичні дослідження. Використовуючи цю теорію можливо не враховувати присутність

в'язкості течії. Припускаючи, що по майданчику (об'єкта) зіткнення обох об'ємів течії що рухаються, одна відносно іншої, діють лише нормальні до майданчика сили тиску та повністю відсутні дотичні сили тертя, що лежать в площині майданчика. Не дивлячись на деякі фактори (баротропний рух суцільного середовища, завихрова течія), які порушують існування безвихрової течії, схема безвихрової течії у багатьох практичних випадках дає близьку картину до дійсності [6].

Знаходження функції потенціалу швидкості $\varphi(x, y, z)$ у будь-якій точці сортувального парку буде здійснюватись шляхом інтегрування рівняння Лапласа. Рівняння Лапласа має незчисленну множину рішень, як будь-яке диференціальне рівняння. Для конкретного потоку, при визначенні потенціалу $\varphi(x, y, z)$, необхідно задати межі течії та умови на них (швидкість та напрямок вітру). Для задач, пов'язаних з обтіканням вагонів необхідно задавати границі течії та умови на них.

Одною з умов на границі потоку є умова непроникливості цих границь для вітру $U_n = 0$. Друга умова повинна враховувати те, що є відомим розподіл швидкостей на деякій відстані від вагонів $U = U_\infty$ [7].

Отже основним рівнянням, через яке можливо розрахувати потенціал швидкості, є рівняння Лапласа, яке має наступний вигляд:

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi_3}{\partial z^2} = 0. \quad (5)$$

Для остаточного опису рівняння для знаходження потенціалу швидкості вітру в будь-якій точці сортувального парку необхідно приймати до уваги ситуацію на коліях сортувального парку (його зайнятість вагонами), величину сили тертя від шорсткості поверхні, що підстилає (рельєф сортувального парку), та різницю швидкості вітру у земному пограничному шарі з висотою.

Наукова новизна та практична значимість

Вперше запропоновано розраховувати швидкість виходу відцепів з ППЗ з урахуванням уточнених параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа. На відміну від відомих підходів до розрахунку швидкості виходу відцепів даний підхід надасть можливість визначити напрямок та швидкість вітру у будь-якій точці сортувального парку.

Розрахунок швидкості виходу відцепів з паркової гальмової позиції з урахуванням уточне-

них параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа може використовуватись в будь-яких автоматизованих системах керування сортувальною гіркою для підвищення ефективності сортувального процесу та ресурсозбереження.

Висновки

Підвищення точності розрахунку швидкості виходу відцепів з паркової гальмової позиції способом уточнення параметрів метеорологічних умов на основі рівняння Лапласа для потенціалу швидкості повинно призвести до зменшення кількості та довжини вікон на коліях сортувального парку та числа випадків перевищення допустимої швидкості співударяння відцепів.

Слід також відзначити, що впровадження даного способу у автоматизованих системах керування сортувальними станціями не потребує суттєвих капітальних вкладень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Талалаев, В. И. Сопоставительный анализ технических средств для механизации и автоматизации сортировочных станций применяемых на Российских железных дорогах и за рубежом / В. И. Талалаев, А. Г. Савицкий. – Москва : ВНИИАС МПС России, 2007. – 150 с.

М. А. АСЕЕВ

РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ВЫХОДА ОТЦЕПОВ С ПАРКОВОЙ ТОРМОЗНОЙ ПОЗИЦИИ

Цель. Целью работы является обоснование научного подхода по повышению точности расчета скорости выхода отцепов с парковой тормозной позиции. **Методика.** Увеличить точность расчета скорости выхода отцепов с парковой тормозной позиции предложено путем уточнения параметров метеорологических условий на основе уравнения Лапласа для потенциала скорости. **Результаты:** Задачу уточнения параметров метеорологических условий среди большинства способов целесообразно определять способом Эйлера для описания движения сплошной среды на основе уравнения Лапласа для потенциала скорости. Выявлены основные преимущества расчета параметров метеорологических условий на основе уравнения Лапласа. **Научная новизна.** Впервые предложено рассчитывать скорость выхода отцепов с парковой тормозной позиции с учетом уточненных параметров метеорологических условий на основе уравнения Лапласа. В отличие от других подходов к расчету скорости выхода отцепов данный подход даст возможность определить направление и скорость ветра, которая действует на отцеп в любой точке сортировочного парка. **Практическое значение.** Расчет скорости выхода отцепов с парковой тормозной позиции с учетом уточненных параметров метеорологических условий на основании уравнения Лапласа может использоваться в любых автоматизированных системах управления сортировочной горкой для повышения эффективности сортировочного процесса и ресурсосбережения.

Ключевые слова: сортировочная горка, автоматизированные системы управления сортировочной горкой, метеорологические параметры, потенциал скорости, отцеп.

2. Огар, О. М. Анализ работы подсистем регулирования швидкості скочування відцепів в автоматизованих системах управління сортувальними станціями / О. М. Огар, М. А. Асеев // Збірник наукових праць УкрДузт. – 2016. – № 161. – С. 70-75.

3. Шелухин, В. И. Универсальный модуль управления тормозными позициями / В. И. Шелухин, И. Н. Малышев, // Автоматика, связь, информатика. – 2000. – № 5. – С. 12-14.

4. Козаченко, Д. Н. Исследование прицельного регулирования скорости скатывания отцепов в условиях неопределенности информации об их ходовых свойствах / Д. Н. Козаченко, Р. Г. Коробьева, О. И. Таранец // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/3(42). – С. 42-47.

5. Киселева, Л. В. Климатология и метеорология на железнодорожном транспорте : учебник для вузов/ Л. В. Киселева, С. В. Васильев, Т. В. Гаранина. – Москва : УМК МПС России, 2002. – 189 с.

6. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – Москва : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950. – 678 с.

7. Берлянд, М. Е. Прогноз и регулирования загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд. – Ленинград : Высшая школа, 1985. – 272 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Огарем О.М. (Україна).

Надійшла до редколегії 24.10.2016.

Прийнята до друку 26.10.2016

DEVELOPMENT OF DIRECTION ON THE INCREASE OF CALCULATION OF SPEED OF EXIT WAGON FROM PARK BRAKE POSITION

Purpose. The purpose is to study the scientific approach to improve the accuracy of calculation of the output speed of wagons with the park brake position. **Methods.** The increase the accuracy of the calculation of the speed of output of wagons with the park brake position proposed by clarifying the parameters of meteorological conditions on the basis of the Laplace equation for the velocity potential. **Findings.** The task of refining the parameters of meteorological conditions among the most expedient way to determine the Euler method to describe the motion of a continuous medium on the basis of the Laplace equation for the speed potential. The main advantages of the calculation of parameters of based on the meteorological conditions on the Laplace equation. **Originality.** First proposed to calculate the rate of output of wagon with the park brake position based on revised parameters of meteorological conditions on the basis of the Laplace equation. In comparison from other approaches to calculation of the output speed of wagon approaches will make it possible to determine the wind speed and direction? Which acts on the wagon at any point in the sorting of the park. **Practical value.** Output speed calculation wagons with the brake position based on revised parameters of meteorological conditions on the basis of the Laplace equation can be used in any automated hump yard management systems to improve the efficiency of the sorting process and resource saving.

Keywords: hump, automated control systems of the sorting slide, meteorological parameters, the velocity potential, wagons.