

УДК 656.212.5

Формалізовано процес осаджування на сортувальну колію відчепів з вагонами, які заборонено спускати з гірки без локомотива, що дозволяє підвищити якість імітаційного моделювання розпуску составів

Ключові слова: сортувальна гірка, модель, заборона розпуску

Формализован процесс осаживания на сортировочный путь отцепов с вагонами, запрещенными к спуску с горки без локомотива, что позволяет повысить качество имитационного моделирования роспуска составов

Ключевые слова: сортировочная горка, модель, запрет роспуска

There was formalized the process of upsetting the wagons, forbidden to break-up on the hump, on the sorting track without the locomotive, which allows to raise the efficiency of the simulating model of the breaking-up process

Keywords: sorting hump, simulating model, forbidden of break-up

ВПЛИВ НАЯВНОСТІ ВАГОНІВ, ЯКІ ЗАБОРОНЕНО СПУСКАТИ З ГІРКИ, НА ПРОЦЕС РОЗПУСКУ СОСТАВІВ

В. В. Журавель

Старший викладач

Кафедра «Станції та вузли»

Дніпропетровський національний університет

залізничного транспорту

ім. академіка В. Лазаряна

вул. Академіка Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ,

Україна, 49010

Контактний тел.: 067-95-75-136

E-mail: zhuravel72@mail.ru

1. Вступ

На сучасному етапі розвитку економіки України актуальними задачами для залізничного транспорту є підвищення його конкурентоспроможності на ринках транспортних послуг, забезпечення безпеки маневрової роботи та термінів доставки вантажів, впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Тривалість виконання операцій з розформування-формування составів на сортувальній гірці впливає на час знаходження вагонів на сортувальній станції, термін доставки вантажів, обіг і робочий парк вагонів, кількість маневрових локомотивів тощо.

2. Постановка проблеми

Вагонопотоки, що підлягають переробці, відрізняються ваговою категорією вагонів, їх типом, кількістю вагонів у відчепі, потужністю окремого призначення тощо. При цьому, деякі вагони, наприклад [1] з вибуховими матеріалами, зрідженими газами тощо, заборонено спускати з гірки без локомотива. Таким чином, врахування вищевказаних чинників дозволяє підвищити якість імітаційного моделювання процесу розпуску составів, за допомогою якого мають перевірятися техніко-технологічні параметри функціонування сортувальної гірки.

3. Аналіз досліджень і публікацій

Імітаційному моделюванню процесу розпуску составів з сортувальної гірки приділяється достатньо уваги у публікаціях вітчизняних і закордонних вче-

них. Базова імітаційна модель до свого складу включає:

1. Модель гірки [2], яка містить дані про план, позовжний профіль, розділові стрілки, сповільнювачі та сортувальні колії, що дозволяють моделювати рух составу та відчепів, які скочуються, використовуючи чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь. Модель також дозволяє імітувати роботу сповільнювачів, переведення розділових стрілок, роботу рейкових кіл, контролювати нагін відчепів, їх зіткнення та проштовхування на сортувальних коліях.

2. Модель составу [2], яка являє собою нерозтяжний, гнучкий стрижень з рівномірно розподіленою по довжині масою і включає параметри: маса, довжина, кількість відчепів, питомий основний опір руху. Значені величини визначаються за результатами моделювання відповідних параметрів відчепів составу. Параметри составу змінюються в процесі розпуску дискретно після відриву кожного з відчепів.

3. Модель випадкових параметрів потоку відчепів [3] на основі заданих статистичних характеристик. Прямування відчепів на окрему колію сортувального парку розглядається як одна з випадкових подій, що утворюють повну групу несумісних подій. Основний питомий опір руху вагону згідно [5] моделюється як випадкова величина, що має гама-розподіл з параметрами θ і b , які залежать від вагової категорії вагону.

4. Модель відчепів [2] побудована на основі осрової моделі та являє собою сукупність даних, що необхідні для імітації регульованого скочування, яку частково змінено відповідно до вимог [4] і суттєво доповнено у роботі [5].

5. Модель заповнення сортувальних колій перед розпуском. У процесі моделювання составу ведеться облік розподілу вагонів по коліях сортувального пар-

ку. Ці дані використовуються під час моделювання довжини вільної частини колій перед розпуском згідно з методикою, яку наведено в [6].

6. Модель процесу розпуску составу [7], яка представляється послідовністю елементарних кроків Δt , на кожному з яких одночасно розглядається рух составу, що насувається, і усіх відцепів, які скочуються. Для синхронізації паралельних процесів у моделі введено системний час $T_{\text{сист}}$, який збільшується на Δt на початку кожного кроку. Для імітації переміщення составу та відцепів на кожному кроці Δt використовуються диференціальні рівняння руху.

7. Модель гальмування відцепів на гальмових позиціях [5]. У процесі розрахунку та реалізації швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій виникають помилки, які впливають на якість роботи гірки [8, 9]. Таким чином, фактична швидкість виходу i -го відчепа визначається як

$$v_i^{\Phi} = v_i^{\text{н}} \pm \delta v_i,$$

де $v_i^{\text{н}}$ – необхідна швидкість виходу i -го відчепа з гальмової позиції за умови розмежування відцепів на розділових елементах спускної частини гірки або зіткнення відцепів на сортувальних коліях з допустимою швидкістю;

δv_i – випадкове значення похибки розрахунку та реалізації швидкості $v_i^{\text{н}}$.

Експериментальні дослідження на автоматизованих гірках [8] показали, що похибка δv_i розподілена за нормальним законом з параметром $M[\delta v_i] = 0$. Тоді

$$\delta v_i = M[\delta v_i] + z_i \sigma_v,$$

де $M[\delta v_i]$, σ_v – відповідно математичне очікування та середньоквадратичне відхилення випадкової величини похибки розрахунку та реалізації необхідної швидкості виходу, яку розподілено за нормальним законом;

z_i – випадкова величина з нормальним законом розподілу, $M[Z] = 0$, $\sigma_z = 1$.

У випадку, якщо фактична швидкість відчепа у точці прицілювання виявиться меншою, ніж допустима (у т. ч. і у разі передчасної його зупинки), за необхідну швидкість виходу приймається швидкість у разі вільного скочування.

Вибір значення параметра σ_v дозволяє встановити необхідний рівень точності розрахунку та реалізації швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій.

В імітаційній моделі загальна енергія кожного відчепа, яка погашається на гальмових позиціях, визначається за умови забезпечення заданої швидкості в точці прицілювання. Значення швидкості виходу з паркової гальмової позиції визначається з урахуванням характеристик самого відчепа, дальності пробігу сортувальною колією та всіх інших факторів.

Дана модель дозволяє отримати певні показники роботи гірки, але не враховує наявності вагонів, які заборонено спускати з неї без локомотива. Проте, наприклад, на залізницях Російської Федерації [10] частка небезпечних вантажів складає понад 25 % загальної обсягу вантажів, що відправляються. Під час перевезення багатьох таких вантажів в перевізних документах робиться відмітка «З гірки не спускати». Аналіз

роботи сортувальних гірок показав, що вагони, які заборонено спускати з гірки без локомотива, складають 14-29% вагонопотоку, що підлягає розпуску.

Наявність таких вагонів значною мірою впливає на процес розпуску составів і його тривалість, що слід враховувати під час імітаційного моделювання.

Маневри в цьому випадку виконуються тільки осаджуванням на колію підгіркового парку або «зйомом» локомотивом зі сторони парку [1]. Крім того, вагони, що заборонено спускати з гірки, після постановки на сортувальну колію огорожуються з боку гірки двома охоронними гальмовими башмаками, які укладаються на обидві рейки через 25 м один від одного таким чином, щоб відстань від вагонів до гальмового башмака, який розташований першим від гірки, була не меншою ніж 50 м. Наступні відчепа мають бути зупинені до місця розташування цих башмаків з накопиченням групи з безпечними вантажами не менше ніж 10 вагонів. Нормальний режим розпуску відновлюється тільки у тому випадку, коли вагони, які заборонено спускати з гірки, прикриті такою групою, що попередньо з'єднана з ними. Якщо відстань від таких вагонів до кінця паркової гальмової позиції з боку гірки є меншою за 50 м, то наступні відчепа на цю колію направляються тільки осаджуванням.

4. Постановка завдання

Метою даної статті є удосконалення базової імітаційної моделі процесу розпуску составів з сортувальної гірки, яка б враховувала наявність вагонів, що заборонено спускати з неї без локомотива.

5. Основна частина

Базову модель доповнено блоком імітації роботи з вагонами, які заборонено спускати з гірки без локомотива (рис. 1).

У процесі моделювання виконуються наступні операції (див. рис. 1):

1. Визначення наявності у составі вагонів, що заборонено спускати з гірки без локомотива, як випадкової події з заданою ймовірністю P' .

2. Визначення вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива (ознака $\gamma = 1$), як випадкової події з заданою ймовірністю P'' .

На відміну від базової моделі дані про вагони відчепа Ω_k доповнено параметром γ , а вектор параметрів відчепа \mathbf{Y} доповнено параметром γ' ($\gamma' = 1$, якщо для поодинокого відчепа або хоча б для одного вагону багатовагонного відчепа $\gamma_k = 1$, інакше $\gamma' = 0$).

3. Перевірка умови $\gamma' = 1$ для кожного головного відчепа составу, який знаходиться на насувній частині гірки.

4. У випадку її виконання процес розпуску припиняється та визначається тривалість виконання маневрових операцій з направлення вагонів на j -ту колію сортувального парку згідно з призначенням відчепа, яка додається до тривалості розпуску составу.

Процес направлення відчепа на колію сортувального парку згідно з призначенням вагонів формалізовано для наступних варіантів (див. рис. 1):



Рис. 1. Блок імітації роботи з вагонами, які заборонено спускати з гірки

1) головний відцеп не є замикаючою групою та після постановки на сортувальну колію, на якій відсутні вагони, що огорожені з боку гірки, потребує огороження з боку гірки гальмовими башмаками;

2) головний відцеп не є замикаючою групою та після постановки на сортувальну колію, на якій відсутні вагони, що огорожені з боку гірки, не потребує огороження;

3) головний відцеп, що не є замикаючою групою, прямує на сортувальну колію, на якій знаходяться вагони, що огорожені з боку гірки, та потребує огороження;

4) головний відцеп, що не є замикаючою групою, прямує на сортувальну колію, на якій знаходяться вагони, що огорожені з боку гірки, та не потребує огороження;

5) головний відцеп є замикаючою групою та прямує на сортувальну колію, на якій відсутні вагони, що огорожені з боку гірки;

6) головний відцеп є замикаючою групою та прямує на сортувальну колію, на якій знаходяться вагони, що огорожені з боку гірки.

Головний відцеп довжиною $l_{гв}$ не є замикаючою групою для складу довжиною L_c , що накопичується на j -й сортувальній колії, якщо виконується умова

$$\sum l_{c,j} + l_{гв} < L_c,$$

де $\sum l_{c,j}$ – довжина вагонів, які знаходяться на j -й сортувальній колії.

У іншому разі відцеп є замикаючою групою.

Якщо на колію надходить замикаюча група, то склад з боку гірки не огорожується охоронними гальмовими башмаками. Безпека виконання маневрової роботи забезпечується встановленням охоронної стрілки в положення, яке унеможливує направлення відчепа на дану колію.

Відцеп, що не є замикаючою групою, після постановки на сортувальну колію огорожується з боку гірки охоронними гальмовими башмаками, якщо виконується умова

$$\sum n'_{пр,j} < 10,$$

де 10 – мінімальна кількість вагонів з безпечними вантажами у групі прикриття [1];

$\sum n'_{пр,j}$ – кількість вагонів прикриття, які є у відчепі, визначається з виразу

$$\sum n'_{пр,j} = n_{гв} - k_{max},$$

де $n_{гв}$ – кількість вагонів у головному відчепі;

k_{max} – найбільший порядковий номер вагона у головному відчепі, для якого виконується умова $\gamma_k = 1$.

У іншому разі відцеп не огорожується.

5. Зміна параметрів

складу та відновлення процесу розпуску, під час якого у разі огороження вагонів на j -тій сортувальній колії з боку гірки охоронними гальмовими башмаками:

- наступні відчепи направляються на дану колію лише осаджуванням [1], тривалість якого додається до тривалості розпуску, у разі виконання умови $S'_v - S_{вих}^{min} < 50$ м (де S'_v – координата положення на даній колії крайнього з боку гірки вагона відчепа, у складі якого є вагони, що заборонено спускати з гірки без локомотива; $S_{вих}^{min}$ – координата кінця паркової гальмової позиції). У іншому випадку за координату точки прицілювання $S_{прц}$ для першого відчепа, який прямує на дану колію, приймається координата положення першого з боку гірки охоронного гальмового башмака $S_{г6}$;

- фіксується кількість вагонів прикриття $\sum n''_{пр}$ з безпечними вантажами, які надійшли на колію після відновлення розпуску;

- здійснюється перевірка умови $\sum n'_{пр} + \sum n''_{пр} \geq 10$ при $\sum l_{c,j} < L_c$ (де $\sum n'_{пр}$ – кількість вагонів прикриття, які знаходяться у відчепі, в складі якого є вагони, що заборонено спускати з гірки без локомотива). У разі її виконання або у випадку завершення накопичення складу ($\sum l_{c,j} = L_c$) після закінчення розпуску відбувається осаджування групи прикриття у складі $\sum l_{c,j} = L_c$ вагонів для з'єднання з огороженою групою.

Для прикладу розглянуто процес направлення на сортувальну колію відчепа з вагонами, які заборонено спускати з гірки без локомотива, для варіанту 1, коли він не є замикаючою групою та після постановки на колію, на якій відсутні вагони, що огорожені з боку гірки, потребує огороження з боку гірки гальмовими башмаками (рис. 2).

Тривалість виконання окремих операцій прийнято згідно з [11].

Тривалість осаджування t'_{oc} маневрового складу на сортувальну колію до точки зустрічі його регульовальником швидкості руху вагонів (c) визначається за формулою:

$$t_{n/p} = \frac{(\alpha_{pr} + \beta_{pr} m)v}{2} + \frac{3,6l_{n/p}}{v}, \quad (1)$$

де α_{pr} – коефіцієнт, що враховує час, необхідний для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону та гальмування, $\alpha_{pr} = 2,44$ с/км/год;

β_{pr} – коефіцієнт, що враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час розгону та гальмування, $\beta_{pr} = 0,1$ с/км/год;

m – кількість вагонів у маневровому составі;

v – допустима швидкість руху під час маневрів, км/год;

$l_{n/p}$ – довжина піврейсу, м.

де $S_{вих,j}^{пт}$ – координата кінця паркової гальмової позиції;

$S_{в,j}$ – координата положення крайнього з боку гірки вагона на j -й сортувальній колії, граничне значення якої у разі осаджування на вільну колію дорівнює координаті місця розташування охоронного гальмового башмака $S_{ог,j}$, відстань встановлення якого від граничного стовпчика у хвостовій горловині сортувального парку визначається Технічно-розпорядчим актом станції.

Передбачено можливість вибору ЛО іншого значення $S_{зс,j}$.

Тривалість осаджування $t''_{ос}$ маневрового составу на сортувальну колію від точки зустрічі до місця зупинки визначається за формулою (1) при $l_{n/p} = l''_{ос}$. Під час такого осаджування у разі виконання умови (2) мають місце п'ять випадків, які наведені на рис. 3.

Під час моделювання у випадку 3 ЛО може бути вказано на необхідність ліквідації всіх «вікон» на j -й сортувальній колії – $\sum l_{вік,j} = 0$. Тоді довжина піврейсу осаджування для їх ліквідації

Під час моделювання у випадку 3 ЛО може бути вказано на необхідність ліквідації всіх «вікон» на j -й сортувальній колії – $\sum l_{вік,j} = 0$. Тоді довжина піврейсу осаджування для їх ліквідації

$$l_{лв,j} = \sum l_{вік,j}. \quad (4)$$

Загальна тривалість осаджування $T''_{ос}$ у випадку 3 визначається з виразу:

$$T''_{ос} = t''_{ос} + t_{лв,j},$$

де $t_{лв,j}$ – тривалість ліквідації «вікон» на j -й сортувальній колії,

яка визначається за формулою (1) при $l_{n/p} = l_{лв,j}$ і $v = 3$ км/год [1] (з можливістю вибору ЛО іншого значення) і $m = \bar{m} = (m_1 + m_{ост})/2$, де $m_1, m_{ост}$ – кількість вагонів під час ліквідації першого й останнього «вікна» відповідно.

Вибір значення $l''_{ос,j}$ у випадках 4 і 5 виконується ЛО.

У випадку виконання умови (3) після з'єднання головного відчепа з вагонами, що знаходяться на j -й сортувальній колії, виконується осаджування для ліквідації «вікон» з довжиною піврейсу $l_{лв,j}$, яка визначається з виразів:

– якщо у составі, що розформовується, відсутня замикаюча група

$$l_{лв,j} = (S_{вих,j}^{пт} - S_{в,j}) + \max \left\{ \sum l_{в,j} + 0; l_{гв} + 50 + (10 - \sum n'_{пр,j}) l_{пр} \right\}$$

у разі виконання умови

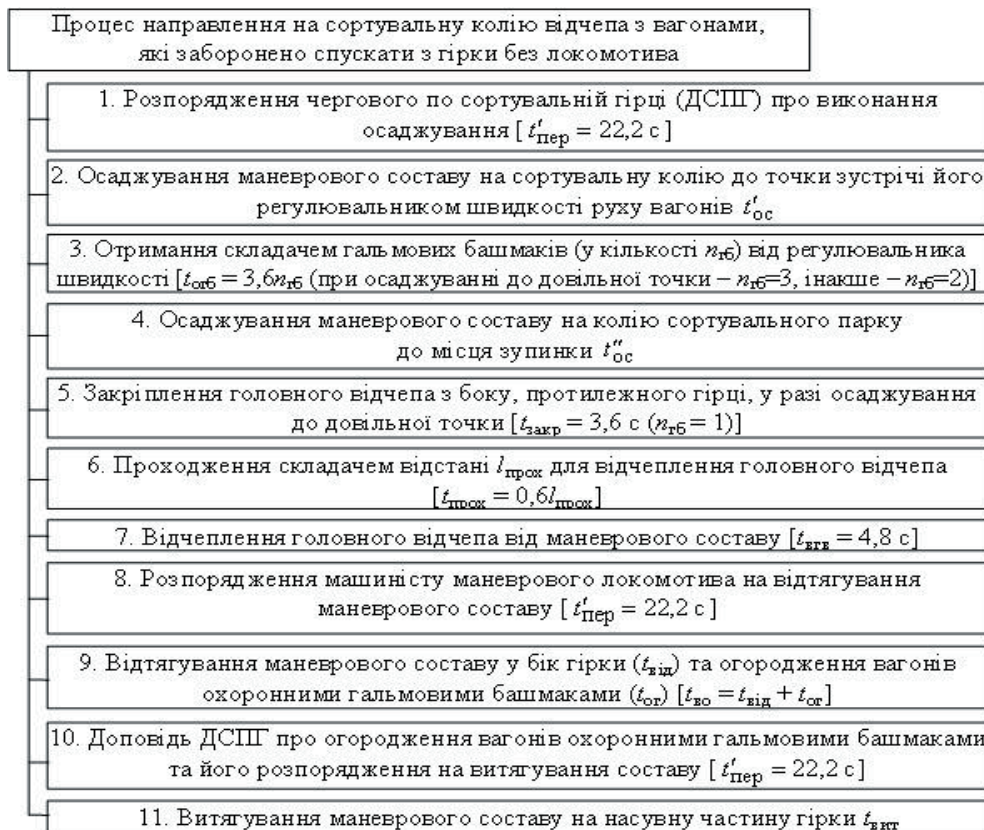


Рис. 2. Формалізація процесу направлення відчепа на сортувальну колію

Під час осаджування значення m у формулі (1) дорівнює m_0 , яке встановлюється згідно з моделлю составу, що склалася на момент припинення розпуску. Значення v приймається 5 км/год, але передбачено можливість вибору людиною-оператором (ЛО) іншого значення, яке не перевищує 25 км/год [1]. Довжина піврейсу $l_{n/p} = l'_{ос}$. Значення $l'_{ос}$ визначається як:

$$l'_{ос,j} = S_{зс,j} - S_c,$$

де S_c – координата положення крайнього вагона составу на насувній частині гірки;

$S_{зс,j}$ – координата точки зустрічі на j -й сортувальній колії, яка визначається з умов

$$S_{зс,j} = S_{вих,j}^{пт}, \text{ якщо } S_{в,j} > S_{вих,j}^{пт}, \quad (2)$$

$$S_{зс,j} = S_{в,j}, \text{ якщо } S_{в,j} \leq S_{вих,j}^{пт}, \quad (3)$$

$$\sum l_{\text{в.к.},j} \geq \max \{ \sum l_{\text{в.к.},j} + 0; l_{\text{гв}} + 50 + (10 - \sum n'_{\text{пр},j}) l_{\text{пр}} \}; \quad (5)$$

Під час відтягування маневрового составу у бік гірки й огороження вагонів охоронними гальмовими башмаками в залежності від положення на j-й сортувальній колії крайнього вагона головного відчепа (координата $S'_{\text{в.к.},j}$) і мінімальної відстані від кінця паркової гальмової позиції на цій колії до охоронного гальмового башмака $\Delta l_{\text{гв}}$ (за умовчанням $\Delta l_{\text{гв}} = 0,5$ м з можливістю вибору ЛО іншого значення) можливі три випадки.

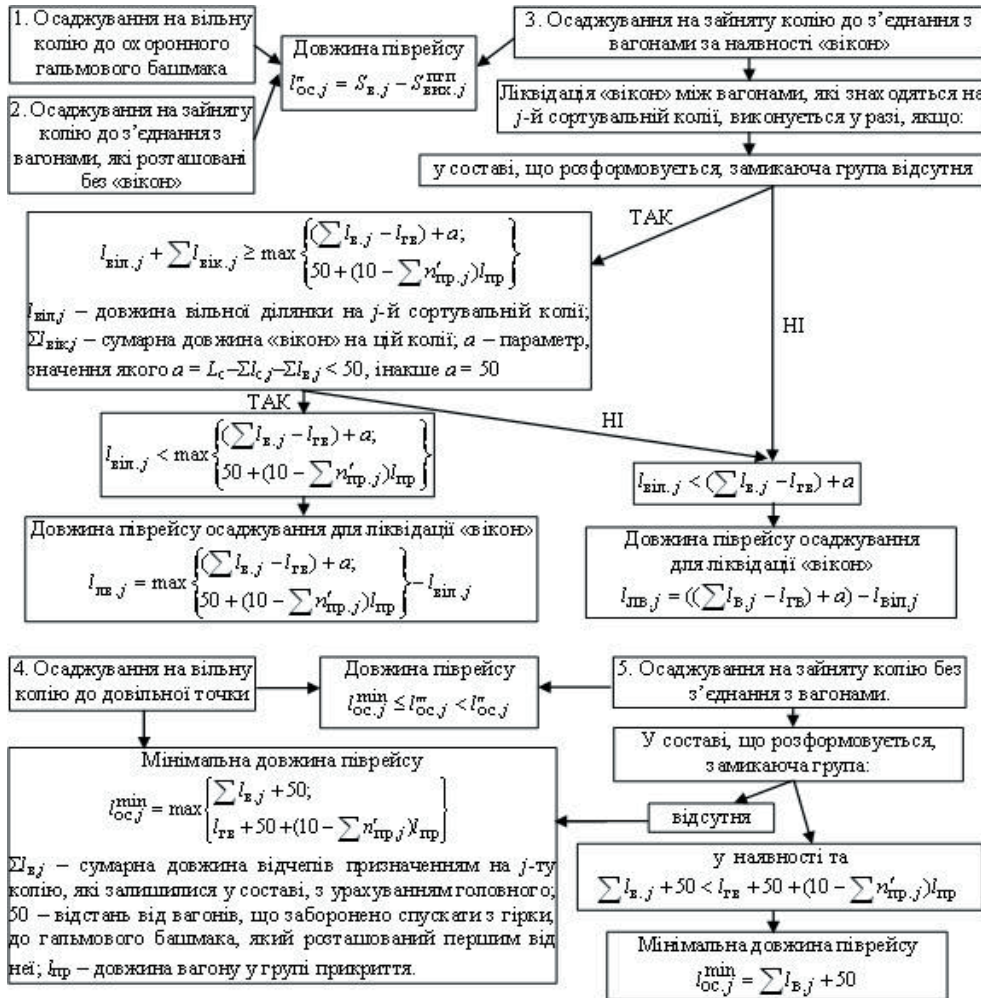


Рис. 3. Можливі випадки осаджування маневрового составу на сортувальну колію від точки зустрічі до місця зупинки

– якщо у составі є замикаюча група або у разі невиконання умови (5) для составу, у якому вона відсутня

$$l_{\text{лв},j} = (S_{\text{в.к.},j}^{\text{гп}} - S_{\text{в.к.},j}) + (\sum l_{\text{в.к.},j} + a).$$

У разі необхідності ліквідації всіх «вікон» на j-й сортувальній колії, яка визначається ЛО, довжина піврейсу осаджування визначається з виразу (4).

Тривалість осаджування $t_{\text{ос}}''$ у випадку виконання умови (3) визначається за формулою:

$$t_{\text{ос}}'' = t_{\text{лв},j}.$$

Значення $t_{\text{лв},j}$ визначається аналогічно випадку 3.

Відстань, яку проходить складач для відчеплення головного відчепа, у разі виконання умови (2) для випадків 1, 2, 4, 5 і 3 (у разі, якщо осаджування для ліквідації «вікон» не виконується) становить $l_{\text{прох}} = l_{\text{гв}}$. Для випадку 3 (у разі, якщо осаджування для ліквідації «вікон» виконується) або у разі виконання умови (3) ця відстань становить: 1) $l_{\text{прох}} = 0$, якщо $l_{\text{гв}} \leq l_{\text{лв},j}$, 2) $l_{\text{прох}} = l_{\text{гв}} - l_{\text{лв},j}$, якщо $l_{\text{гв}} > l_{\text{лв},j}$.

У цьому випадку під час відтягування маневрового составу на відстань 50 м складач пересувається на підніжці крайнього вагона на відстань 25 м і залишає состав на ходу. Після цього він встановлює перший башмак, проходить відстань $l_{\text{прох}} = 25$ м і встановлює другий башмак.

$$S'_{\text{в.к.},j} - (S_{\text{в.к.},j}^{\text{гп}} + \Delta l_{\text{гв}}) \geq 50 \text{ м.}$$

Для визначення $t_{\text{від}}$ використано модифіковану формулу (1), яка враховує час, який необхідний для зміни швидкості руху локомотива та вагона лише під час розгону, а також тривалість пересування составу на відстань $l_{\text{н/р}}$

тривалість пересування составу на відстань $l_{\text{н/р}}$

$$t_{\text{н/р}} = \frac{(\alpha_{\text{пр}} + \beta_{\text{пр}} m)v}{4} + \frac{3,6 l_{\text{н/р}}}{v}.$$

Тривалість $t_{\text{від}}$ розраховується при $m = m_0 - m_{\text{гв}}$ (де $m_{\text{гв}}$ – кількість вагонів у головному відчепі), $v = 5$ км/год (з можливістю вибору ЛО іншого значення), $l_{\text{н/р}} = 25$ м (від крайнього вагона відчепа до точки встановлення першого башмака).

Значення $t_{\text{ор}}$ розраховується за допомогою виразу:

$$t_{\text{ор}} = n_{\text{гв}} t_{\text{укл}} + t_{\text{прох}}, \quad (6)$$

де $n_{\text{гв}}$ – кількість гальмових башмаків, у даному випадку $n_{\text{гв}} = 2$;

$t_{\text{укл}}$ – тривалість укладання одного гальмового башмака, $t_{\text{укл}} = 3,6$ с [11];

$t_{\text{прох}}$ – тривалість проходження складачем відстані $l_{\text{прох}}$ для укладання другого гальмового башмака, яка згідно з [11] визначається з виразу

$$t_{\text{прох}} = 0,6l_{\text{прох}}.$$

Випадок 2.

$$25 \leq S'_{\text{в.ж}} - (S_{\text{вих.ж}}^{\text{нпн}} + \Delta l_{\text{гб}}) < 50 \text{ м.}$$

У цьому випадку під час відтягування маневрового складу на відстань 25 м складач пересувається на підніжці крайнього вагону. Після цього він встановлює один башмак.

Тривалість $t_{\text{від}}$ визначається за формулою (1) при m , v і $l_{\text{н/р}}$, які є аналогічними випадку 1. Тривалість $t_{\text{от}}$ розраховується за допомогою виразу (6) при $n_{\text{гб}} = 1$ башмак, $l_{\text{прох}} = 0$ м.

Випадок 3.

$$S'_{\text{в.ж}} - (S_{\text{вих.ж}}^{\text{нпн}} + \Delta l_{\text{гб}}) < 25 \text{ м.}$$

У цьому випадку під час відтягування маневрового складу на відстань $l_{\text{н/р}} = S'_{\text{в.ж}} - (S_{\text{вих.ж}}^{\text{нпн}} + \Delta l_{\text{гб}})$ складач пересувається на підніжці крайнього вагону. Після цього він встановлює один башмак.

Тривалість $t_{\text{від}}$ визначається за формулою (1) при m , v , які є аналогічними випадку 1. Тривалість $t_{\text{от}}$ розраховується за допомогою виразу (6) при $n_{\text{гб}} = 1$ башмак, $l_{\text{прох}} = 0$ м.

Тривалість витягування $t_{\text{вит}}$ маневрового складу на насувну частину гірки визначається за формулою (1) при $m = m_0 - m_{\text{гв}}$, $v = 25$ км/год (з можливістю вибору ЛО іншого значення) і $l_{\text{н/р}} = l_{\text{вит}}$, яка визначається з виразу

$$l_{\text{вит}} = S_{\text{гб.ж}} - S_{\text{с}},$$

де $S_{\text{гб.ж}}$ – координата положення першого з боку гірки охоронного башмака.

Тривалість виконання маневрових операцій з направлення вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива, на колію сортувального парку може значно перевищувати тривалість самого розпуску складу. Так, у разі направлення відчепа у складі 5 критих

вагонів (маневровий склад із 30 вагонів) на зайняту колію до з'єднання з вагонами, які стоять без «вікон» на відстані 200 м від вихідного кінця паркової гальмової позиції, тривалість виконання операцій становить 12,6 хв (758,7 с), а саме:

1. Розпорядження ДСПГ про виконання осаджування – 22,2 с.

2. Осаджування маневрового складу на сортувальну колію до точки зустрічі його регулювальником швидкості руху вагонів ($l_{\text{н/р}} = 400$ м, $m = 30$ вагонів, $v = 5$ км/год) – 301,6 с.

3. Отримання складачем гальмових башмаків від регулювальника швидкості ($n_{\text{гб}} = 2$) – 7,2 с.

4. Осаджування маневрового складу на колію сортувального парку до місця зупинки ($l_{\text{н/р}} = 200$ м, $m = 30$ вагонів, $v = 5$ км/год) – 157,6 с.

5. Проходження складачем відстані $l_{\text{прох}} = 73,65$ м для відчеплення головного відчепа ($l_{\text{ваг}} = 14,73$ м, $m = 5$ вагонів) – 44,2 с.

6. Відчеплення головного відчепа від маневрового складу – 4,8 с.

7. Розпорядження машиністу локомотива на відтягування маневрового складу – 22,2 с.

8. Відтягування маневрового складу у бік гірки та огороження вагонів охоронними гальмовими башмаками ($l_{\text{н/р}} = 25$ м, $m = 25$ вагонів, $v = 5$ км/год, $n_{\text{гб}} = 2$, $l_{\text{прох}} = 25$ м) – 46,4 с.

9. Доповідь ДСПГ про огороження вагонів та його розпорядження на витягування маневрового складу – 22,2 с.

10. Витягування маневрового складу на насувну частину гірки ($l_{\text{н/р}} = 476,35$ м, $m = 25$ вагонів, $v = 25$ км/год) – 130,3 с.

6. Висновки

Урахування наявності у складах поїздів вагонів, які заборонено спускати з гірки без локомотива, та тривалості виконання з ними необхідних операцій дозволяє підвищити якість імітаційного моделювання розпуску складів та адекватність нормування елементів гіркових технологічних процесів.

Література

1. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України. ЦД-0058 [Текст]: Затв.: Наказ Мінтрансу та зв'язку України 31.08.05. № 507 / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2005. – 464 с.
2. Муха, Ю. А. Алгоритмы и библиотека программ для моделирования на ЭВМ «Наири-К» сортировочного процесса на горках [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. трудов / ДИИТ. – Д., 1977. – Вып. 194/11. – С. 53-102.
3. Муха, Ю. А. Исследование влияния высоты сортировочной горки на качество прицельного регулирования [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Сб науч трудов ДИИТа / ДИИТ. – Д., 1975. – Вып. 168/9. – С. 39-54.
4. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР: ВСН 207-89 (МПС СССР) [Текст] – М.: Транспорт, 1992. – 105 с.
5. Бобровский, В. И. Теоретические основы совершенствования конструкции и технологии работы железнодорожных станций: дис. ...доктора техн. наук: 05.22.20 [Текст] / Бобровский Владимир Ильич. – Д., 2002. – 396 с.
6. Муха, Ю. А. Исследование распределения работы между тормозными позициями при регулировании скорости скатывания отцепов на автоматизированной сортировочной горке [Текст] / Ю. А. Муха, А. М. Бледный, В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. тр. / ДИИТ. – Д., 1978. – Вып. 197/12. – С. 15-24.

7. Муха, Ю. А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчётов [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. трудов / ДИИТ. – Д., 1990. – Вып. 277/17. – С. 11-20.
8. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст]: монография / [Ю. А. Муха и др.]. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
9. Муха, Ю. А. Исследование точности прицельного регулирования на сортировочных горках, оборудованных системами АРС [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на железнодорожных станциях: Труды ДИИТа. – Д., 1975. – Вып. 168/9. – С. 55–65.
10. Щеглов, П. П. Проблема безопасности при роспуске с сортировочных горок вагонов с легковоспламеняющимися жидкостями [Текст] / П. П. Щеглов, В. И. Жолобов, Т. И. Ложникова // Вестн. ВНИИЖТа. – 2005. – № 6. – С. 36-39.
11. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 25.03.03 № 72-ЦЗ / Державна Адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2003. – 82 с.

Розроблено комплексний метод визначення аеродинамічних характеристик маневрених літаків з урахуванням відхилення органів управління креном, який заснований на спільному використанні трубного експерименту, напівемпіричного методу та модифікованого методу дискретних вихорів

Ключові слова: аеродинамічні характеристики, органи управління креном

Разработан комплексный метод определения аэродинамических характеристик маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном, который основан на совместном использовании трубного эксперимента, полумпирического метода и модифицированного метода дискретных вихрей

Ключевые слова: аэродинамические характеристики, органы управления креном

A complex method for determining the aerodynamic characteristics of maneuvering aircraft, taking into account the deviation of roll control, which is based on the combined use of pipe experiment, semi-empirical method and a modified method of discrete vortices is engineered

Keywords: aerodynamics, control roll

УДК 533.6

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДХ САМОЛЕТОВ С УЧЕТОМ ОТКЛОНЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ КРЕНОМ

И. Б. Ковтонуик

Кандидат технических наук, доцент
Харьковский университет воздушных сил
им. Ивана Кожедуба
ул. Сумская, 77/79, г. Харьков, Украина, 61023
Контактный тел.: 067-573-20-61
E-mail: igor_kovtonyuk@ukr.net

1. Введение

Развитие боевой авиационной техники в настоящее время предполагает разработку и модернизацию самолетов-истребителей. В последние десятилетия проектирование маневренных самолетов ведется с учетом концепции их систем управления, которая в значительной мере может влиять на основные параметры аэродинамической компоновки самолета [1]. В процессе синтеза аэродинамической компоновки органов управления креном истребителя необходимо опреде-

лять аэродинамические характеристики (АДХ) самолета с различными вариантами органов поперечного управления, а также потребное управление летательным аппаратом (ЛА) на заданном режиме полета [2].

Особую значимость имеет получение достоверных АДХ на этапе концептуального проектирования, формирующем принципиальный характер технического решения и характеризующемся высокой степенью ответственности [3]. Ошибочные конструктивно-компоновочные решения на этапе концептуального проектирования практически непоправимы на последующих