

пристроїв, слід відмовитися від використання розрахункових бігунів. Замість їх необхідно використовувати відчепи з випадковими ходовими якостями, які можна отримати після аналізу вагонопотоку, що перероблюється на сортувальному пристрою, за допомогою методів теорії імовірностей та математичної статистики. В результаті можна буде отримати експериментальні закони розподілу маси відчепу. Використовуючи функцію розподілу імовірностей сумарного питомого опору руху відчепів, можна буде точно визначити імовірність появи у вагонопотоці, що перероблюється, відчепів з певними ходовими якостями. Це дозволить розраховувати оптимальні значення параметрів сортувальних пристроїв, що є основною метою питання ресурсозбереження сортувального процесу.

Список літератури

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР: ВСН 207-89 / МПС СССР. М.: Транспорт, 1992, 104 с.
2. Правдин Н. В., Бессоненко С. А. Расчет закона распределения вероятностей удельного сопротивления движению отцепов на сортировочной горке // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – №3. – с. 3 – 10.
3. Гурский Е.И. Теория вероятностей с элементами математической статистики. Учеб. пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1971.

УДК 656.212.5.001.24

*Крячко В.І., к.т.н. (УкрДАЗТ)
Крячко К.В., магістр (УкрДАЗТ)*

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВЗАЄМОДІЮЧИХ СИЛ НА ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ ПРИ СКОЧУВАННІ ВАГОНІВ ІЗ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

Згідно з теорією динаміки скочування вагону з гірки, на нього діє дві сили: сила тяжіння (q) і сила опору рухові (W). Оскільки скочування здійснюється не по горизонтальній, а по похилій площині (рис. 1), то q

розкладається на рушійну силу (F_p) і силу нормального тиску (P), які прикладені до точки A , що знаходиться у центрі мас вагону. Висота цієї точки відносно рівня головок рейок і теоретично, і практично буде різною в залежності від наявності вантажу, його маси, щільності, розміщення та інших факторів, але при гіркових розрахунках з певним припущенням приймається, що вона знаходиться посередині вагона на відстані половини колісної бази від осей крайніх пар.

Відносно точки прикладення сил опору у технічній літературі [1, 2, 3, 4] автори допускають помилки і вважають, що вони прикладені до точки A , але фактично різні сили опору прикладені до різних точок. Так, сила опору середовища і вітру ($W_{св}$), яка діє на торцову та бічну поверхню вагона – до точки A ; сила основного опору, переважна частка якого виникає у буксових вузлах вагонних візків ($W_{осн}$) – до точки B ; сила опору при проходженні стрілок і кривих ($W_{ск}$), а взимку і сила опору снігу та інею ($W_{сі}$), які діють на ободи коліс вагону – до точки C ; сила опору при гальмуванні вагона ($W_{г}$), що виникає при вході першої колісної пари вагону до гальмових шин вагонних уповільнювачів або на гальмовий башмак, - до точки D . Крім цього слід було б враховувати складову частину сили основного опору, що виникає через хвильовий опір рейок у миттєвих точках дотику коліс вагону з рейками, але за дослідженнями вчених ця сила незначна і при розрахунках нею нехтують.

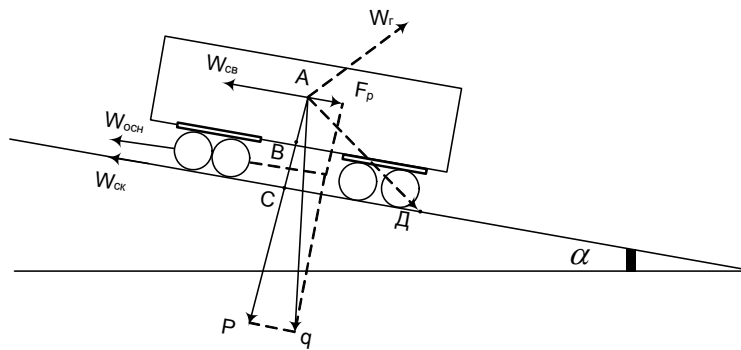


Рисунок 1 – Схема сил, що діють на вагон при скочуванні з гірки

На вершині гірки вагон має запас початкової кінетичної енергії за рахунок швидкості насуву состава на гірку (E) та потенційної енергії ($E_{пт}$), в залежності від висоти гірки. Ця сумарна енергія при вільному скочуванні вагона витрачається на подолання названих вище сил опору та

перетворюється у кінетичну і частково у теплову енергію, значенням якої при динамічних розрахунках нехтують.

Перетворення енергії – це виконана робота рушійною силою та силами опору.

$$E + E_{\text{ПТ}} = A_V + A_W + \sum_{k=1}^d M, \quad (1)$$

де $E_{\text{П}}$ - кінетична енергія на початку кожної ділянки гірки

$$E_{\text{П}} = 0,5m \cdot V_{\text{П}}^2, \quad \text{кДж}, \quad (2)$$

де m - маса вагону, що скочується з гірки, т;

$V_{\text{П}}$ - швидкість розпуску состава на початку кожної ділянки гірки. На вершині гірки швидкість приймається відповідно до типу сортувальної гірки, м/с;

$E_{\text{ПТ}}$ - потенційна енергія, що відповідає профільній висоті даної ділянки гірки

$$E_{\text{ПТ}} = mgh_{\text{ПТ}} = mgi_{\text{П}}l_{\text{П}}, \quad \text{кДж} \quad (3)$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с²;

$i_{\text{П}}$ - уклони окремих ділянок гірки у поздовжньому профілі, %;

$l_{\text{П}}$ - довжини окремих ділянок гірки з певними уклонами $i_{\text{П}}$, м;

A_B - робота, що виконується за рахунок перетворення потенційної енергії в кінетичну при скочуванні вагону по окремих ділянках гірки

$$A_V = 0,5mV_{\text{к}}^2, \quad \text{кДж}, \quad (4)$$

де $V_{\text{к}}$ - швидкість, яка утворюється в кінці окремої ділянки гірки, м/с;

A_{ω} - робота сил опору в межах окремої ділянки гірки

$$A_{\omega} = l_{\text{П}} mg \sum_{i=1}^n \omega_i, \quad \text{кДж}, \quad (5)$$

де $\sum_{i=1}^n \omega_i$ - сумарний питомий опір руху вагона від усіх видів опору в межах окремої ділянки гірки

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = \omega_{осн} + \omega_{стр} + \omega_{кр} + \omega_{сі}, \quad \text{Н/кН}, \quad (6)$$

де $\omega_{осн}$ - основний питомий опір руху вагона, що скочується з гірки (визначається згідно з [5]), Н/кН.;

$\omega_{стр}$ - додатковий питомий опір руху вагона при проходженні стрілок, Н/кН,

$$\omega_{стр} = 0,14n_{стр} (V_{II} + V_K)^2 \cdot 10^{-3} / \sum_{i=0}^{n_{стр}} l_{стр.i}, \quad \text{Н/кН}, \quad (7)$$

де $n_{стр}$ - число стрілок в межах даної ділянки гірки;

$l_{стр.i}$ - довжина і-го стрілочного переводу без переднього вильоту рамної рейки ($a_0 + v$), м;

$\omega_{кр}$ - додатковий питомий опір руху вагона при проходженні перевідних та кругових кривих, Н/кН..

$$\omega_{кр} = 0,06 \sum \alpha^\circ (V_{II} + V_K)^2 10^{-3} / \sum_{j=1}^{k_{кр}} l_{кр.j}, \quad \text{Н/кН}, \quad (8)$$

де $\sum \alpha^\circ$ - сумарне число градусів кутів повороту на перевідних та кругових кривих в межах даної ділянки гірки, град.;

$l_{кр.j}$ - довжина j-ї перевідної або кругової кривої, м;

$\omega_{сі}$ - додатковий питомий опір руху вагона від снігу та інею (визначається згідно з [5]), Н/кН;

$\sum_{\kappa=1}^d M_\kappa$ - сума моментів сил опору, що виникають через різні точки прикладення цих сил до вагону

$$\sum_{\kappa=1}^d M_{\kappa} = M_{осн} + M_{стр} + M_{кр} + M_{ci} + M_{Г}, \quad \text{кДж}, \quad (9)$$

де $M_{осн}$ - момент сили опору руху вагона, що виникає у буксовому вузлі

$$M_{осн} = W_{осн} \cdot AB = \omega_{осн} \cdot q \cdot l_{нл.1}, \quad \text{кДж}, \quad (10)$$

де $l_{нл.1}$ - довжина плеча від центру вагона до лінії, на якій знаходиться точка прикладення сили опору $W_{осн}$ (згідно з [6] і рисунком 1) $l_{нл.1} = AB = 1,98\text{м}$);

$M_{стр}$ - момент сили опору руху вагона на дільницях, де розташовані стрілочні переводи

$$M_{стр} = W_{стр} AC = \omega_{стр} \cdot q \cdot l_{нл.2}, \quad \text{кДж}, \quad (11)$$

де $l_{нл.2}$ - довжина плеча від центру вагона до лінії, на якій знаходиться точка прикладення сили опору руху $W_{стр}$, $W_{кр}$ і W_{ci} (згідно з [6] і рисунком 1) $l_{нл.2} = AC = 2,45\text{м}$);

$M_{кр}$ - момент сили опору руху вагона на дільницях, де є переведені кругові криві

$$M_{кр} = W_{кр} \cdot AC = \omega_{кр} \cdot q \cdot l_{нл.2}, \quad \text{кДж}, \quad (12)$$

де M_{ci} - момент сили опору руху вагона на дільницях, де в зимових умовах виникає опір від снігу та інею (згідно з [5] він виникає на дільницях від початку стрілочної зони до розрахункової точки)

$$M_{ci} = W_{ci} \cdot l_{нл.2} = \omega_{ci} \cdot q \cdot l_{нл.2}, \quad \text{кДж}, \quad (13)$$

де $M_{Г}$ - момент сили опору руху вагона при вході на гальмовий башмак або до гальмових шин вагонного уповільнювача

$$M_{Г} = W_{Г} \cdot l_{нл.3}, \quad \text{кДж}, \quad (14)$$

де W_{Γ} - сила опору руху вагона при гальмуванні, кН;

$l_{nl.3}$ - довжина плеча від центру вагона до точки входу на башмак або до гальмових шин (згідно з [6] і рисунку 1 у першому випадку $l_{nl.3} = AD = 5,8$ м, а у другому – 5,76 м).

Додатковий питомий опір при гальмуванні складе

$$W_{\Gamma} = \frac{W_{\Gamma}}{q \cdot l_{nl.3}}. \quad (15)$$

При гальмуванні башмаком

$$W_{\tilde{A}} = f \cdot q_o, \quad \text{кН}, \quad (16)$$

де f - коефіцієнт гальмової дії башмака (згідно з [3] $f = 0,17 \pm 0,03$);

q_o - осьове навантаження на башмак (згідно з [3] $q_o = 17 \dots 19$ кН),

При гальмуванні вагонними уповільнювачами натискної дії

$$W_{\Gamma} = 4f \cdot P_{\kappa} \cdot \varphi, \quad \text{кН}, \quad (17)$$

де P_{κ} - сила тиску на гальмові шини уповільнювача, яка залежить від величини тиску стиснутого повітря у гальмових циліндрах і ступеню гальмування, кН,

φ - коефіцієнт φ иведення, який залежить від діаметру коліс вагону та конструкції вагонного уповільнювача (для КНП – 5 $\varphi = 0,35$).

При максимальному тиску в гальмових циліндрах 0,74 Мпа сила тиску на передні колеса вагону складає 220 кН.

Сума додаткових питомих опорів руху вагона при утворенні моментів через різні точки прикладення сил опору до вагону може бути визначена

$$\sum_{\kappa=1}^d \omega_{M.K} = \frac{1}{q} \sum_{\kappa=1}^d M_{\kappa} / l_{nl.\kappa} \quad (18)$$

Розглядаючи дії сил опору руху вагона, виявляється парадоксальна ситуація, коли при зменшенні швидкості руху одночасно частина сили опору, за

рахунок ексцентриситету, викликає момент, який направлений вгору і дає певне прискорення руху.

Після перетворення формула (1) буде мати вигляд

$$g = \frac{m \cdot (V_{\kappa}^2 - V_{\Pi}^2) + 2 \sum_{\kappa=1}^d M_{\kappa}}{2 \cdot m \cdot l_{\Pi} (i_{\Pi} - \sum_{i=1}^{\Pi} \omega_i)}, \quad (19)$$

Згідно з дослідженнями вчених [1, 2, 3, 4], прискорення вільного падіння через вплив моментів обертальних мас вагону зменшується на розрахункову величину. Так, для чотиривісного напіввагону

$$g' = g \cdot \gamma = g \cdot \frac{q}{q + 1,68}, \quad (20)$$

тоді

$$g' = \frac{\gamma \cdot m (V_{\hat{e}}^2 - V_{\hat{r}}^2) + 2\gamma \sum_{\hat{e}=1}^{\hat{d}} \dot{I}_{\hat{e}}}{2 \cdot m \cdot l_{\hat{r}} (i_{\hat{r}} - \sum_{\hat{s}=1}^{\hat{e}} \omega_{\hat{s}})}. \quad (21)$$

Аналіз ф. (19) і результати розрахунків показують, що при скочуванні вагону з гірки прискорення вільного падіння не є постійною величиною, як стверджують відомі вчені, воно зменшується при збільшенні уклонів на окремих ділянках гірки і зростає при збільшенні величини опору, особливо при гальмуванні на першій гальмовій позиції. Це вимагає суттєвих змін при розрахунках кріплення вантажів у вагонах, які скочуються з гірки. В першу чергу це стосується кріплення довгомірних вантажів (рейок, плит, блоків, лісних та інших), а також колісної техніки.

Дослідження показали, що крива зміни величини прискорення вільного падіння із зменшенням уклонів на окремих ділянках сортувальної гірки має експоненційний характер і може бути апроксимована емпіричною кривою з визначенням дискретних значень у кінці кожної ділянки за формулою

$$g'' = g' \cdot \exp(-i + \omega_{\hat{A}}), \quad (22)$$

а якщо на ділянці не здійснюється гальмування, то

$$g'' = g' \cdot \exp(-i). \quad (23)$$

В подальших дослідженнях передбачається ці розрахунки застосовувати при розробці нових вимог до конструктивних і технологічних розрахунків сортувальних пристроїв та зміні правил кріплення вантажів певних категорій.

Список літератури

1. Пугачевский Ф.В. Механизированные сортировочные горки и их расчет. – М.: Трансжелдориздат, 1933.
2. Рогинский Н.О. Механизация сортировочных горок. – М.: Трансжелдориздат, 1938.
3. Железнодорожные станции и узлы / Под ред. Акулиничева В.М. . – М.: Транспорт, 1992.
4. Луговцов М.Н. , Негрей В.Я. Проектирование сортировочных горок: Пособие. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005.
5. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств / ВСН 207 – 89. – М.: Транспорт, 1992.
6. Вагоны / Под ред. Шадуг Л.А. – М.: Транспорт, 1982.

УДК 656.212.5

Віховська Л.Й., інженер (ДонІЗТ)

ПОСТАНОВКА І АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ СТРІЛОЧНИХ ГОРЛОВИН СКЛАДСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

Залізнична станція представляє комплексну споруду, що складається з ряду різноманітних пристроїв, безперервно взаємодіючих між собою, з залізничними лініями і під'їзними коліями, що примикають до неї, а також з різними видами транспорту, населеними пунктами. Станція постійно пов'язана з обслуговуванням відправників і одержувачів вантажів. У зв'язку з цим питання оптимального взаємозв'язку між взаємодіючими пристроями і створення високого рівня їх експлуатаційної діяльності з урахуванням суті операцій, що виконуються для проектування і розвитку станції, має найважливіше значення.

Особливо складні процеси взаємодії виявляються на великих сортувальних і вантажних станціях.