

## УДК 656.212.5

А. А. НАЗАРОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

## АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТОЧКОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ ШВИДКОСТІ ВАГОНІВ НА ВІТЧИЗНЯНИХ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

Виконано аналіз доцільності застосування точкових регуляторів швидкості вагонів на вітчизняних сортувальних гірках. За результатами дослідження встановлено та проаналізовано залежності між ухилом колії та потрібною щільністю розташування точкових регуляторів швидкості вагонів. Обґрунтовано висновок про недоцільність використання точкових вагонних уповільнювачів на малих ухилах у стрілочній зоні сортувальних гірок з нормативним профілем. Сортувальні гірки, розраховані у відповідності до чинних правил і норм проектування, не доцільно обладнувати системами розподіленого регулювання швидкості відцепів без реконструкції профілю спускної частини гірки. Розроблений метод розрахунку схеми розташування точкових вагонних уповільнювачів та спеціального профілю сортувальних гірок, що пропонується обладнати системою розподіленого регулювання швидкості відцепів.

*Ключові слова:* сортувальна гірка, сортувальна колія, уклон колії, відцеп, точкові вагонні уповільнювачі, гальмова позиція.

Выполнен анализ целесообразности применения точечных регуляторов скорости вагонов на отечественных сортировочных горках. По результатам исследования установлено и проанализирована зависимость между уклоном пути и потребной плотностью расположения точечных регуляторов скорости вагонов. Основан вывод о нецелесообразности использования точечных вагонных замедлителей на малых уклонах в стрелочной зоне сортировочных горок с нормативным профилем. Сортировочные горки, рассчитанные в соответствии с действующими правилами и нормами проектирования, не целесообразно оборудовать системами распределенного регулирования скорости отцепов без реконструкции профиля спускной части горки. Разработан метод расчетов схемы расположения точечных вагонных замедлителей и специального профиля сортировочных горок, которые предлагается оборудовать системой распределенного регулирования скорости отцепов.

*Ключевые слова:* сортировочная горка, сортировочный путь, уклон пути, отцеп, точечные вагонные замедлители, тормозная позиция.

It is analysed expediency of application of point regulators of wagon speed on domestic hump yards. By results of research dependence between a bias of a way and necessary in density of an arrangement of point regulators of wagon speed is established and analysed. A substantiated conclusion about inexpediency of use point wagon retarders on small biases in switch zone of hump yards with a normative structure. The hump yards calculated according to operating rules and norms of design, not expediently to equip with systems of the quasi-continuous speed control of cuts without reconstruction of a structure roll-down parts of a hump slide. The method of calculations of the diagram of an arrangement point wagon retarders and a special structure of hump yards with which it is offered to equip with system of the quasi-continuous speed control of cuts is developed.

*Keywords:* hump, sorting siding, slope of siding, cut, point wagon retarders, brake position.

Точкові вагонні уповільнювачі (ТВУ) на спускній частині сортувальної гірки, не обладнаної балковими вагонними уповільнювачами, потрібні перш за все для гальмування відцепів з хорошими ходовими властивостями.

Завдання із визначення потрібної щільності розташування ТВУ на спускній частині сортувальної гірки зводиться до того, що вона повинна бути достатньою для гальмування всіх відцепів з найкращими ходовими властивостями і щоб за рахунок цього швидкість відцепів залишалася б на рівні контрольної швидкості

спрацьовування ТВУ. Контрольна швидкість спрацьовування, на яку завчасно налаштовують ТВУ, обмежена діапазоном [0; 5] м/с. В якості розрахункового прийнято відцеп з дуже хорошими ходовими властивостями (ДХ).

Щільність розташування ТВУ, що потрібна для утримання швидкості ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування, розраховується за формулою:

$$r_y = \frac{m^{\text{ДХ}} g \left( i - \sum w^{\text{ДХ}} \right)}{n^{\text{ДХ}} a_y}, \quad (1)$$

де  $m^{ДХ}$ ,  $n^{ДХ}$ ,  $\sum w^{ДХ}$  – відповідно маса, кг; кількість осей і сумарний питомий опір руху ДХ,  $H/кН$ ;

$a_y$  – енергія, що поглинається ТВУ, налаштованим на певну контрольну швидкість спрацьовування.

Наприклад, ТВУ, налаштований на контрольну швидкість спрацьовування 1,5 м/с, за одне спрацьовування поглинає 1165 Дж енергії [1].

З іншого боку, всі осі відцепів з поганими ходовими властивостями зазнають опору від холостого спрацьовування ТВУ, але при цьому швидкість відчепа з поганими ходовими властивостями повинна залишатися на рівні швидкості спрацьовування ТВУ.

В якості другого розрахункового прийнято відцеп з дуже поганими ходовими властивостями (ДП). Щільність розташування ТВУ, що потрібна для підтримання швидкості ДП на рівні контрольної швидкості спрацьовування, розраховується за формулою:

$$r_{xc} = \frac{m^{ДП} g (i - \sum w^{ДП})}{n^{ДП} a_{xc}}, \quad (2)$$

де  $m^{ДП}$ ,  $n^{ДП}$ ,  $\sum w^{ДП}$  – відповідно маса, кг; кількість осей і сумарний питомий опір руху ДП,  $H/кН$ ;

$a_{xc}$  – енергія, що поглинається ТВУ при холостому спрацьовуванні.

Під час розв'язку системи рівнянь (1) і (2) необхідно врахувати як основний питомий опір руху відцепів, так і опір середовища та вітру.

На рис. 1 (точка А) показаний розв'язок системи рівнянь (1) і (2) без урахування впливу середовища й вітру на швидкість скочування розрахункових відцепів, тобто в якості питомого опору руху взяті значення основного питомого опору руху розрахункової пари відцепів ДП-ДХ. В результаті отримано ухил  $i = 4,8 \text{ ‰}$  та щільність розташування ТВУ  $0,77 \text{ од./м}$ . Отже, ТВУ, розташовані на колії ухилом  $4,8 \text{ ‰}$  із щільністю  $0,77 \text{ од./м}$ , забезпечують утримання швидкості всіх відцепів, включно з розрахунковою парою, на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ.

Розрахунки виконані за умови, що ТВУ налаштовані на контрольну швидкість спрацьовування 1,5 м/с. Це означає, що всі осі, які проходять через ТВУ зі швидкістю поступального руху вище за 1,5 м/с, будуть гальмуватися ними з відбиранням енергії 1165 Дж за одне спрацьо-

вування. Якщо швидкість нижче 1,5 м/с, тоді відбуватиметься холосте спрацьовування ТВУ практично без відбирання енергії. Під час холостого спрацьовування ТВУ відбирається 20 Дж енергії відчепа [1]. За наслідками вибіркового гальмування осей відцепів вирівнюються швидкості відцепів з хорошими і поганими ходовими властивостями.

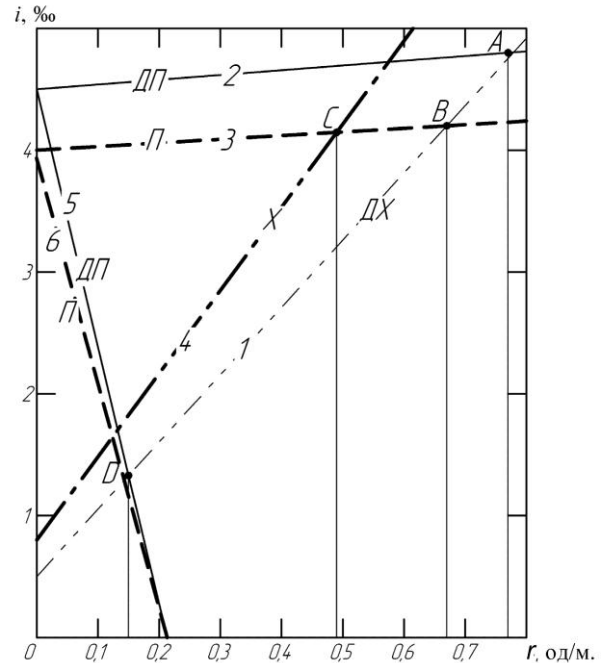


Рис. 1. Залежність ухилу колії ( $i$ ) від потрібної щільності ( $r$ ) розташування ТВУ – прямі 1-4; ТВПУ – прямі 5 та 6.

Для розрахунків ухилу й потрібної щільності розташування ТВУ можуть бути прийняті інші розрахункові відчепи в залежності від характеристик вагонопотоку на сортувальній гірці.

Якщо в якості розрахункових відцепів взяти ДХ і відцеп з поганими ходовими властивостями (П), потрібна щільність розташування ТВУ зменшується до  $0,67 \text{ од./м}$ , а ухил колії до  $4,2 \text{ ‰}$  (рис. 1, точка В).

У цьому випадку буде підтримуватися сталою швидкістю усіх відцепів із ходовими властивостями кращими, ніж в П. Відчепи з гіршими ходовими властивостями рухатимуться з гальмуванням і можуть передчасно зупинитися, утворюючи вікна, які в свою чергу можуть бути ліквідовані наступними відчепами.

Розрахунки ухилу й потрібної щільності розташування ТВУ для Х та П свідчать про те, що потрібна щільність розташування ТВУ знижується до  $0,49 \text{ од./м}$ , у той самий час як ухил практично не зменшується (рис. 1, точка С).

Аналізуючи результати розрахунків, можна

зробити висновок, що ухил колії практично не залежить від вибору розрахункового відчепа з хорошими ходовими властивостями, а цілком визначається вибором розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями, а щільність розташування ТВУ на ухилі визначається вибором розрахункового відчепа з хорошими ходовими властивостями.

Всі рішення стосовно обладнання сортувальних колій ТВУ належать до області, обмеженої віссю ординат і прямими 1 та 2 (див. рис. 1), і залежать від характеристик вагонопотоку, що підлягає переробці.

Щоб регулювати швидкість скочування відчепів на ухилах порядку 1 ‰ на сортувальних коліях існуючих сортувальних гірок, необхідно додавати енергію відчепам з поганими ходовими властивостями (підштовхувати їх).

У зв'язку із цим кожний ТВУ може бути замінений точковим вагонним прискорювачем-уповільнювачем (ТВПУ). Елемент прискорювача працює тільки в комплекті з елементом уповільнювача, тому прискорювачів на колії не може бути встановлено більше, ніж уповільнювачів.

Потрібна щільність розташування ТВПУ може бути розрахована аналогічно щільності розташування ТВУ для розрахункового відчепа з поганими ходовими властивостями:

$$r_{\text{пу}} = \frac{m^{\text{дп}} g (w^{\text{дп}} - i)}{n^{\text{дп}} a_{\text{п}}}, \quad (3)$$

де  $a_{\text{пу}}$  – енергія прискорення, що додається відчепу за одне спрацьовування прискорювача, 1150 Дж [1].

Вирішуючи систему рівнянь (1) і (3), отримуємо щільність розташування ТВПУ 0,15 од./м та ухил колії 1,33 ‰ (рис. 1, точка D). Цей ухил майже відповідає ухилу сортувальних колій на існуючих сортувальних станціях.

ДП, втрачаючи на шляху скочування енергію за рахунок основного питомого опору руху, отримує додаткову енергію від прискорювачів. Таким чином підтримується постійна швидкість скочування ДП. Гальмування ТВПУ під час скочування ДХ відбувається так само, як у випадку обладнання колії ТВУ.

На сортувальних гірках, що обладнані системами розподіленого регулювання швидкості відчепів, задача інтервального регулювання вирішується шляхом забезпечення протягом всієї зони розташування розділових стрілочних переводів однакової сталої швидкості скочу-

вання всіх відчепів. За рахунок цього зберігаються приблизно однакові інтервали між відчепами на розділових стрілочних переводах. На сортувальних коліях швидкість відчепів підтримується на рівні безпечної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії.

Із закордонного досвіду експлуатації систем розподіленого регулювання швидкості відчепів на сортувальних гірках можна виділити три різні підходи до розв'язання проблеми регулювання швидкості скочування відчепів з гірки [2]:

1) використання на спускній частині гірки ухилу, що забезпечує постійну швидкість скочування поганого бігуна, а швидкість відчепів із меншим питомим опором руху підтримувати за допомогою ТВУ;

2) використання на спускній частині гірки ухилу, що забезпечує постійну швидкість скочування хорошого бігуна, а швидкість відчепів із більшим питомим опором руху підтримувати за допомогою ТВПУ;

3) комбінація перших двох підходів.

За основу для порівняння сортувальних гірок з балковими вагонними уповільнювачами на гальмових позиціях та сортувальних гірок, обладнаних системами розподіленого регулювання швидкості відчепів, на яких в основу регулювання швидкості скочування відчепів покладений перший підхід. Порівняння виконане для гірок малої (ГМП), середньої (ГСП) і великої потужності (ГВП), поздовжній профіль яких відповідає вимогам ПНПСУ ВСН 207-89 [3].

В розрахунках прийнято, що розташовувати ТВУ на спускній частині сортувальної гірки слід починати з координати, в якій швидкість ДХ сягає контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Далі ТВУ розташовують по маршруту скочування з щільністю, достатньою для утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ.

На малих ухилах (при швидкості спрацьовування 5 м/с це ухили 5 ‰ та менше) швидкість скочування ДП зменшується. В той самий час, щоб зменшити, або підтримувати постійну швидкість скочування ДХ на таких ухилах потрібно встановлювати ТВУ. Розташування ТВУ призводить до ще більшої втрати швидкості ДП (за рахунок відбирання енергії під час холостого спрацьовування ТВУ), що у свою чергу погіршує умови розділення відчепів на розділових стрілках. Тому розташування ТВУ на ухилах менше за 5 ‰ в стрілочній зоні не передбачається.

Чим вище швидкість спрацьовування ТВУ, тим краще умови розділення відчепів на розділових стрілочних переводах. Але якщо поздовжній профіль спускної частини гірки не забезпечує розгін ДП до максимально можливої за конструкцією контрольної швидкості спрацьовування ТВУ, можна налаштувати ТВУ на швидкість, до якої може розігнатися ДП.

Спираючись на результати аналізу потенційних можливостей обладнання сортувальних гірок з нормативним профілем системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, розроблено метод розрахунку спеціального профілю спускної частини гірок і схеми розташування ТВУ.

Для забезпечення запасу інтервалу між відчепами на першому розділовому стрілочному переводі перший елемент профілю спускної частини гірки слід проектувати якомога більш крутим. Згідно [3] його ухил не може бути більшим за 50%. Довжина його повинна бути достатньою для того, щоб ДХ розігнався до швидкості спрацьовування ТВУ (бажано до 5 м/с).

Ухил наступної ділянки профілю спускної частини гірки повинний забезпечувати постійну швидкість скочування ДП, а щільність розташування ТВУ повинна бути такою, що гарантує утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ. Але це реалізувати неможливо, тому що існує обмеження, що наступний елемент поздовжнього профілю спускної частини гірки не може відрізнятись від попереднього більш ніж на 25% [3].

Тому далі слід проектувати проміжну ділянку таким ухилом, на якому можливо утримувати постійну швидкість скочування ДХ, при максимальній щільності розташування ТВУ на цій ділянці. Цей ухил залежить від контрольної швидкості спрацьовування уповільнювачів, від можливості або неможливості розташування ТВУ на ділянці. ТВУ неможна розташовувати в межах хрестовин та гостряків стрілочних переводів. На решті ділянок колії можна розташовувати ТВУ в міжшпальних ящиках.

Якщо контрольна швидкість спрацьовування ТВУ на другій ділянці 5 м/с, тоді значення ухилу колії на ділянці повинні бути в межах  $22 \leq i_2 \leq 25$  ‰ в залежності від ухилу першої ділянки профілю спускної частини гірки, від кількості стрілочних переводів і суми кутів поворотів кривих ділянок колії на ділянці ( $i_1 - i_2 \leq 25$  ‰) [4]. Довжина та ухил цієї ділянки повинні забезпечувати розгін ДП до конт-

рольної швидкості спрацьовування ТВУ наприкінці цієї ділянки.

Третю ділянку профілю спускної частини гірки протягом всієї стрілочної зони слід проектувати ухилом, який забезпечує постійну швидкість скочування ДП ( $8 \leq i_3 \leq 12$  ‰).

Щільність розташування ТВУ на цій ділянці повинна гарантувати утримання постійної швидкості скочування ДХ на рівні контрольної швидкості спрацьовування ТВУ.

Наприклад, для утримання швидкості скочування відчепів на рині 5 м/с на ухилі 10% ТВУ слід розташовувати зі щільністю трохи більшою за один уповільнювач на метр колії.

Більша щільність розташування ТВУ призводить до зниження швидкості скочування ДП, так саме і недостатня щільність розташування ТВУ призводить до збільшення швидкості скочування ДХ. І те й інше погіршує умови розділення відчепів на розділових стрілочних переводах, знижує розрахункову швидкість розпуску і переробну спроможність сортувальної гірки. Після стрілочної зони поздовжній профіль слід проектувати виходячи з умов заповнення вагонами сортувальних колій та забезпечення підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії з безпечною швидкістю.

Для ілюстрації на рис. 2 наведено нормативний та спеціальний профілі гірки середньої потужності.

Як бачимо, головним чином за рахунок істотного збільшення ухилу стрілочної зони висота гірки середньої потужності приблизно на 1 м вище за аналогічну гірку з нормативним профілем. Так само сортувальні гірки іншої потужності зі спеціальним профілем виявилися вище за аналогічні гірки з нормативним профілем.

За результатами дослідження встановлено, що ухил колії практично не залежить від вибору розрахункового відчепу з хорошими ходовими властивостями, а цілком визначається вибором розрахункового відчепу з поганими ходовими властивостями, а щільність розташування ТВУ на ухилі визначається вибором розрахункового відчепу з хорошими ходовими властивостями. Недоцільно використовувати ТВУ на малих ухилах у стрілочній зоні сортувальних гірок з нормативним профілем, тому що це призводить до зниження швидкості скочування відчепів із поганими ходовими властивостями, що різко негативно впливає на умови розділення відчепів.

Результати розрахунків показали, що сортувальні гірки, розраховані у відповідності до чинних правил і норм проектування сортуваль-

них пристроїв, не доцільно обладнувати системами розподіленого регулювання швидкості

відчепів з використанням ТВУ без зміни профілю спускної частини гірки.

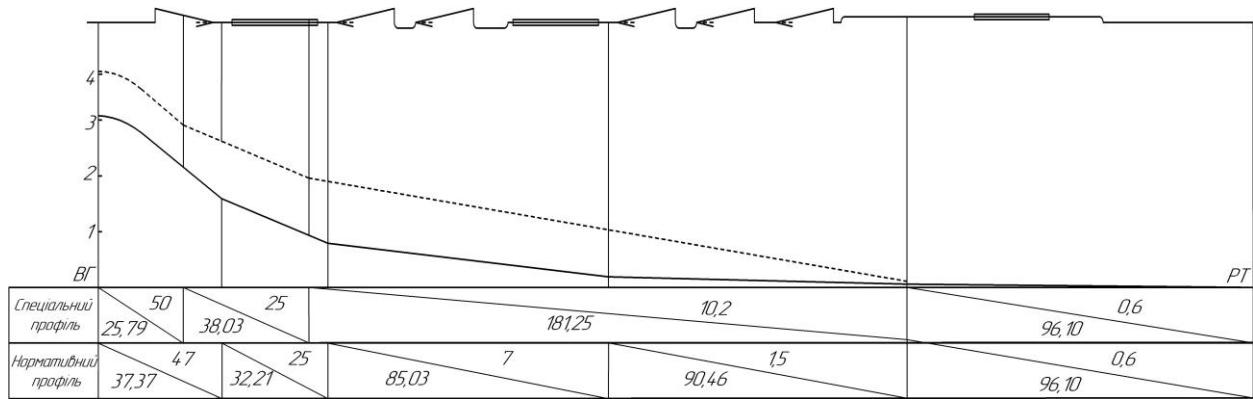


Рис. 2. Нормативний та спеціальний поздовжній профіль сортувальної гірки середньої потужності

Принципово можливо ефективно використовувати системи розподіленого регулювання швидкості відчепів на спускній частині вітчизняних сортувальних гірок. Однак, щоб досягти високого рівня переробної спроможності профіль спускної частини гірки повинний бути змінений відповідно до розробленого методу. Розроблений метод розрахунку спеціального профілю сортувальних гірок, які пропонується обладнати системою розподіленого регулювання швидкості відчепів, та схеми розташування ТВУ дозволить максимально виключити людський фактор з процесу регулювання швидкості відчепів на спускній частині сортувальної гірки.

2. Рогов, Н. В. Имитационная модель скатывания отцепов с регулируемой зоной торможения [Текст] / Н. В. Рогов, Н. П. Божко, Д. Н. Козаченко // Проблемы и перспективы развития ж.д. транспорта : тезисы LXV междунар. научно-практ. конф. – Днепропетровск: ДИИТ, 2005. – С. 109–110.

3. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР. ВСН 207-89/МПС СССР [Текст]. – Москва: Транспорт, 1992. – 105 с.

4. Назаров, А. А. Анализ возможности применения систем квазинепрерывного регулирования скорости отцепов типа DOWTY на сортировочных горках / А. А. Назаров // Транспортні системи і технології : Зб. наук. праць КУЕТТ.– Киев: КУЕТТ, 2004. – Вип. 4. – С. 61–66.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Dreyer, A. I. Sentrarand Marshalling Yard: the mechanical engineering involvement [Text] / A. I. Dreyer, J. S. F. Marais, H. J. Steyn // DIE SIVIELE INGENIEUR in Suid-Afrika. – November. 1982. – pg. 608–611, 613–614.

*Стаття рекомендована до публікації Стехіним П. І. (Україна)*

Надійшла до редколегії 12.11.2014.  
Прийнята до друку 16.11.2014.