

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

**КОМПЛЕКСНИЙ РОЗРАХУНОК ВИСОТИ І
ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК
З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕОМ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсового та
дипломного проектування
з дисципліни**

„ЗАЛІЗНИЧНІ СТАНЦІЇ ТА ВУЗЛИ”

Частина 1

Харків 2009

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри „Залізничні станції та вузли” 2 квітня 2007 р., протокол № 8.

Методичні вказівки містять загальні відомості, які пов’язані з проектуванням сортувальних пристроїв різної потужності, послідовність розрахунку та проектування сортувальних пристроїв, вимоги до проектування плану та поздовжнього профілю насувної та спускної частин гірки, а також довідкові матеріали, що необхідні студентам при виконанні комплексного розрахунку та проектуванні сортувального пристрою.

Методичні вказівки призначені та рекомендуються для використання при виконанні курсових проектів, дипломних та магістерських робіт студентами спеціальності „Організація перевезень та управління на транспорті (залізничний транспорт)” всіх форм навчання, а також слухачів ІППК.

Укладачі:

доценти І.В. Берестов,
О.М. Огар,
Г.В. Шаповал,
асист. М.Ю. Куценко

Рецензент

проф. В.М. Кулешов

КОМПЛЕКСНИЙ РОЗРАХУНОК ВИСОТИ І
ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК
З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕОМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового та
дипломного проектування
з дисципліни

„ЗАЛІЗНИЧНІ СТАНЦІЇ ТА ВУЗЛИ”

Частина 1

Відповідальний за випуск Огар О.М.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 22.09.08 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,75. Обл.-вид.арк. 2,0.

Замовлення № Тираж 500 Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, пл. Фейсрбаха, 7

ЗМІСТ

Список скорочень	4
Вступ	5
1 Підготовка вихідних даних для розрахунку сортувальної гірки	6
1.1 Вибір потужності сортувальної гірки	6
1.2 Вибір місця розташування характерних точок на плані гіркової горловини	9
2 Конструктивні розрахунки сортувальної гірки	15
2.1 Визначення конструктивної висоти гірки	15
2.2 Визначення розрахункової та технологічної висоти гірки	19
2.3 Розрахунок уклонів елементів поздовжнього профілю	24
Список літератури	31
Додаток А	
Довідкові матеріали для розрахунку гірки	32

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ГПП – гірка підвищеної потужності
ГВП – гірка великої потужності
ГСП – гірка середньої потужності
ГМП – гірка малої потужності
ДП – дуже поганий бігун
П – поганий бігун
Х – хороший бігун
ДХ – дуже хороший бігун
ФВГ – фактична вершина гірки
УВГ – умовна вершина гірки
РТ – розрахункова точка
1ГП – перша гальмова позиція
2ГП – друга гальмова позиція
ПГП – паркова гальмова позиція
АЗШР – автоматичне задання швидкості розпуску
АРШ – автоматичне регулювання швидкості

ВСТУП

З метою покращення засвоювання лекційного матеріалу та удосконалення навчального процесу студентів спеціальності „Організація перевезень та управління на транспорті (залізничний транспорт”, які продовжують вивчати одну з основних дисциплін на факультеті – „Залізничні станції та вузли”, розроблені дані методичні вказівки.

Сортувальні пристрої проектують як технологічну систему, що складається із колійного розвитку відповідного профілю, маневрових локомотивів, ремонтної бази, службово-технічних і службово-побутових будівель і приміщень з необхідними комунікаціями.

На сортувальних та дільничних станціях в теперішній час експлуатуються гірки різної потужності: від гірок малої потужності до гірок підвищеної потужності. З урахуванням зміни обсягів вантажної роботи виникає необхідність в приведенні існуючих сортувальних пристроїв у відповідність до розрахункових обсягів роботи. Крім цього, при розробленні нових проектів сортувальних пристроїв необхідно мати навички щодо розрахунку та проектування сортувальних пристроїв.

Тому основною метою виконання курсового проекту (дипломного проекту, магістерської роботи) для студентів денної та заочної форм навчання, а також слухачів ІППК є набуття навичок розрахунку і проектування сортувальних пристроїв різної потужності при будівництві нових сортувальних пристроїв або при реконструкції існуючих.

При розрахунку та проектуванні сортувальних пристроїв вирішуються такі завдання:

- вибір потужності гірки;
- вибір місця розташування характерних точок на плані гіркової горловини;
- конструктивні розрахунки сортувальної гірки;
- технологічні розрахунки сортувальної гірки.

1 ПІДГОТОВКА ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

1.1 Вибір потужності сортувальної гірки

За способом виконання сортувальної роботи сортувальні пристрої на станціях згідно з [1] діляться на: гіркові – сортувальні гірки підвищеної потужності (ГПП), гірки великої потужності (ГВП), гірки середньої потужності (ГСП) та гірки малої потужності (ГМП); негіркові – витяжні колії з горловинами на уклоні, де використовується сила тяги локомотива та сила тяжіння вагонів; витяжні колії та стрілочні горловини на площадці, де використовується тільки сила тяги локомотива.

Для виконання функцій основних сортувальних пристроїв проектуються ГПП, ГВП, ГСП та ГМП із сортувальними парками. Для виконання функцій допоміжних сортувальних пристроїв можуть проектуватися ГСП, ГМП та негіркові сортувальні пристрої разом із сортувальними парками.

Тип та потужність основних та допоміжних сортувальних пристроїв визначається в залежності від розрахункових розмірів та структури вагонопотоку, що переробляється [1]. Розрахункові прогнозні розміри вагонопотоку визначаються для сортувальних станцій на 10-й рік експлуатації, а для інших технічних станцій – на 5-й рік експлуатації.

Число вагонів, що переробляється на сортувальній гірці, визначається за формулою

$$m_{nep} = N_{nep} m_6 (1 + \rho_2), \quad (1.1)$$

де $N_{пер}$ – загальне число поїздів з переробкою, що прибуває на станцію;

m_e – середнє число вагонів у складі вантажного поїзда, ваг;

ρ_e – частка збільшення поїздопотокy на 10-й рік експлуатації для сортувальних станцій або на 5-й рік експлуатації для дільничних та вантажних станцій (згідно із завданням).

Потужність сортувальної гірки залежить від числа вагонів, що переробляється на гірці за розрахункові строки експлуатації, та числа колій в сортувальному парку (таблиця 1.1).

Сортувальні гірки малої потужності проектується при переробці від 250 до 1500 ваг/доб та числі колій в сортувальному парку від 4 до 16 включно.

При розрахунках висоти гірки за розрахунковий бігун приймається чотиривісний критий вагон на роликкових підшипниках або той тип вагонів, потік яких переробляється на гірці, що проектується.

Сила тяжіння розрахункового бігуна визначається на підставі аналізу структури всього вагонопотокy, що переробляється на гірці в найбільш напружений та несприятливий період року.

Для технологічних розрахунків при визначенні розрахункових величин швидкості розпуску, швидкостей входу відчепів на гальмові позиції та виходу з них, потужності гальмових позицій, інтервалів на розділових елементах за розрахункові бігуни – дуже поганий (ДП), поганий (П), хороший (Х), дуже хороший (ДХ) – приймається чотиривісний піввагон на роликкових підшипниках.

Конструктивні та технологічні розрахунки сортувальних гірок виконуються для розрахункових несприятливих та сприятливих метеорологічних умов.

Поздовжній профіль спускної частини сортувальних гірок підвищеної, великої та середньої потужності проектується за умови забезпечення встановленої

швидкості розпуску при виконанні всіх технічних та технологічних нормативів.

Висота гірки визначається як сума профільних висот елементів поздовжнього профілю і перевіряється на умову забезпечення пробігу вагонів розрахункової вагової категорії при несприятливих умовах роботи гірки від вершини гірки до розрахункової точки.

Розрахункова точка приймається по розрахунковій трудній колії сортувального парку на відстані 50м від кінця паркової гальмової позиції або башмакоскидача.

Для виконання конструктивних розрахунків визначають трудну та легку за опором колії сортувального парку на підставі відстані від вершини гірки до розрахункової точки, числа стрілочних переводів та суми кутів повороту по маршруту скочування відчепів на кожну підгіркову колію. Колія, для якої вказані параметри є найбільшими, приймається як трудна, а колія, для якої зазначені параметри є найменшими, – легка. Як правило, трудною є одна із двох крайніх колій гіркової горловини з боку, протилежного локомотивному господарству. Легкою є колія, що розташовується ближче до середини сортувального парку.

1.2 Вибір місця розташування характерних точок на плані гіркової горловини

До характерних точок, що необхідні для розрахунку висоти гірки, поздовжнього профілю спускної частини та початку сортувальних колій (до розрахункової точки), відносяться:

- фактична вершина гірки (ФВГ);
- умовна вершина гірки (УВГ);
- розрахункова точка (РТ);

- вхідні та вихідні стики гальмових позицій;
- точки перелому поздовжнього профілю, що є границями елементів поздовжнього профілю.

Розрахункова довжина гірки обмежується на плані гіркової горловини розташуванням УВГ та РТ. Фактична вершина гірки віддалена від УВГ на величину тангенса вертикальної спряжуючої кривої.

Тангенс вертикальної кривої дорівнює

$$T_g = \frac{R \cdot \Delta i}{2000}, \quad (1.2)$$

де R – мінімальний радіус вертикальних кривих на спускній частині гірки, $R = 250 \text{ м}$;

Δi – різниця уклонів суміжних елементів. Для швидкісної ділянки та ділянки, що граничить із нею на вершині гірки, $\Delta i = 50\text{‰}$.

Спускна частина гірки і початок сортувальних колій до РТ розподіляються на окремі ділянки. Границі ділянок збігаються з точками перелому поздовжнього профілю. До таких ділянок для ГПП, ГВП, ГСП відносяться (рисунок 1.1):

- частина умовної ділянки на вершині гірки (від ФВГ до УВГ);
- швидкісна ділянка, що може складатися з одного або декількох елементів профілю $l_{шв1}, l_{шв2}$;
- ділянка першої гальмової позиції (1ГП) $l_{1ГП}$;
- проміжна ділянка $l_{пр}$;
- ділянка другої гальмової позиції (2ГП) $l_{2ГП}$;
- ділянка стрілочної зони (від кінця ділянки 2ГП до граничного стовпчика останньої розділової стрілки) $l_{сз}$;
- перша ділянка підгіркових колій сортувального парку (від граничного стовпчика останньої розділової стрілки до паркової гальмової позиції (ПГП) $l_{сн1}$;
- ділянка паркової гальмової позиції $l_{ПГП}$;
- друга ділянка підгіркових колій сортувального парку (від кінця ділянки ПГП до розрахункової точки) $l_{сн2}$.

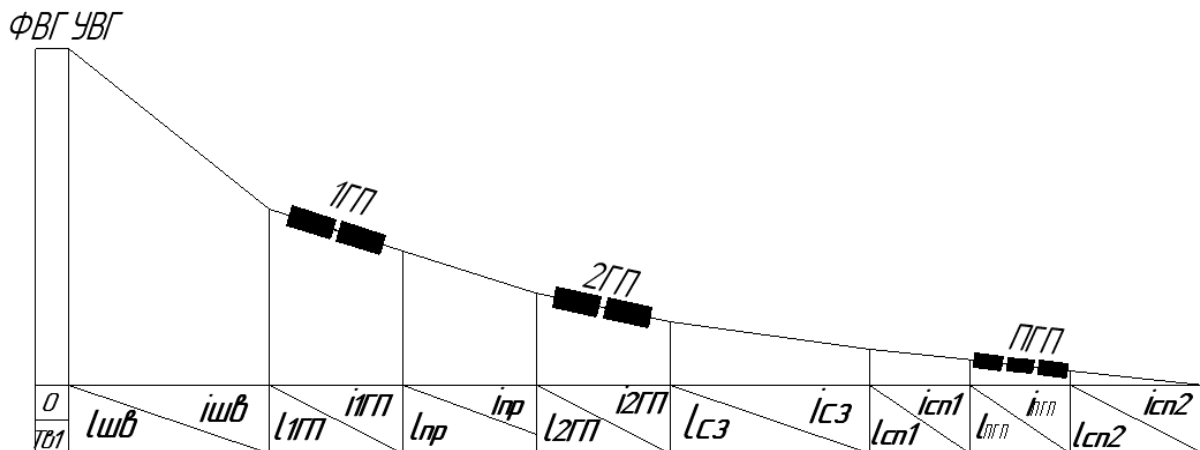


Рисунок 1.1 – Поздовжній профіль спускної частини гірки та підгіркових колій до РТ

При визначенні місця розташування УВГ та ФВГ на плані гіркової горловини (отримуються на кафедрі горловини №47, 49, 50) можливо два випадки.

Перший випадок. Якщо перша гальмова позиція розташована до першої розділової стрілки (рисунок 1.2), то перед першою розділовою стрілкою на плані горловини необхідно запроектувати ділянку для розміщення уповільнювачів 1ГП, а від неї визначити відстань до УВГ та ФВГ. Місце розташування вершини гірки обирається з урахуванням вимоги наявності прямої ділянки довжиною 20м в межах першого елемента, профілю спускної частини. Довжина цієї ділянки дозволяє розташувати напільні пристрої системи автоматичного завдання швидкості розпуску (АЗШР) та вагомірну ділянку системи автоматичного регулювання швидкості (АРШ). При цьому отримана відстань від ФВГ до першого уповільнювача достатня для створення інтервалів між відчепами для переведення першого вагонного уповільнювача у гальмовий стан.

Другий випадок. Якщо перша гальмова позиція розташована за першою розділовою стрілкою або перехресним з'їздом, то для покращення динамічних властивостей поздовжнього профілю швидкісну ділянку доцільно проектувати з трьох елементів (рисунок 1.3).

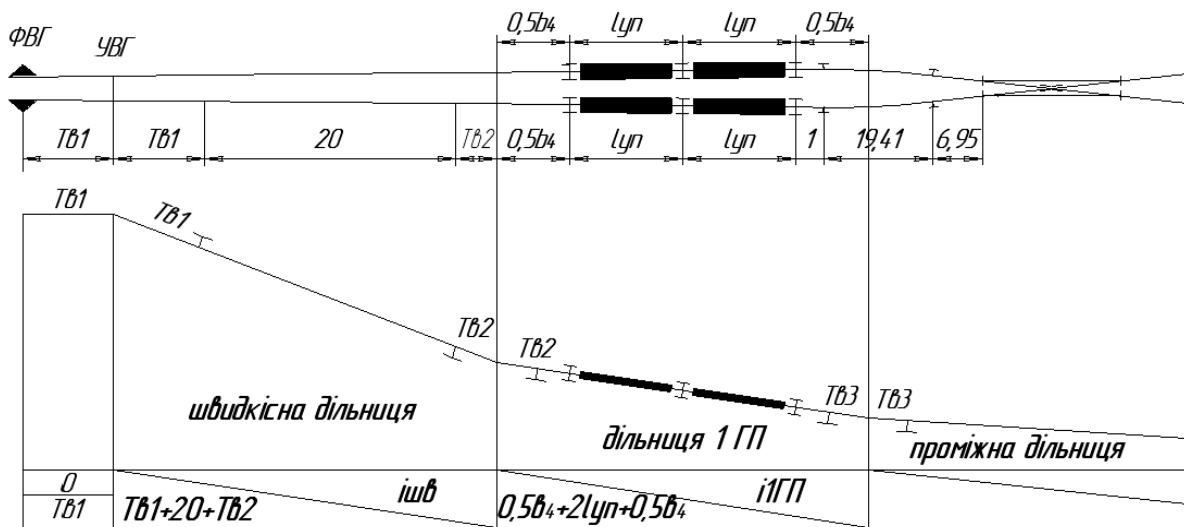


Рисунок 1.2 – Розташування ФВГ та УВГ відносно першої розділової стрілки (перший випадок)

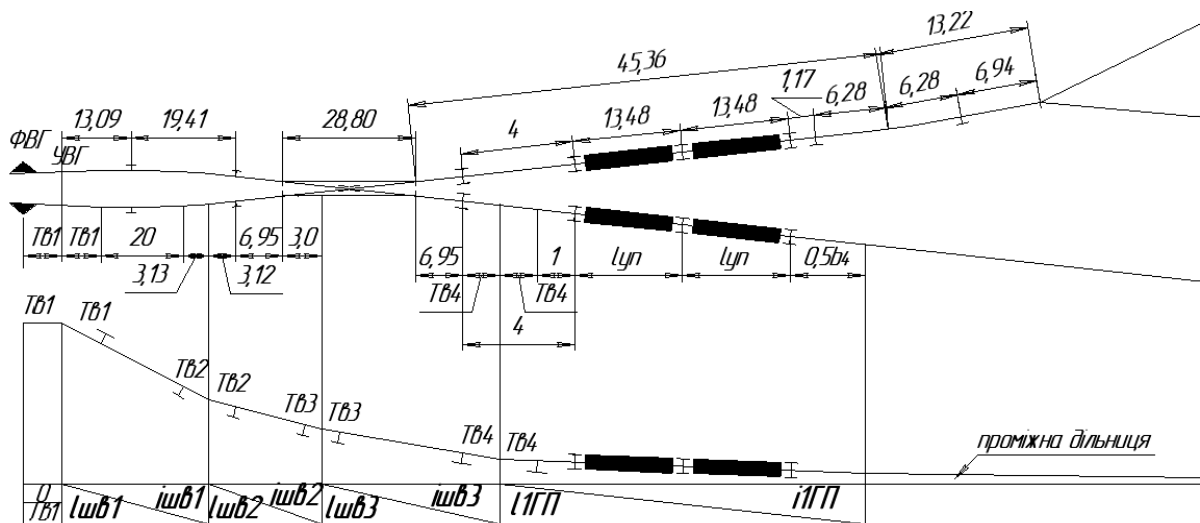


Рисунок 1.3 – Розташування ФВГ та УВГ відносно першої розділової стрілки (другий випадок)

Примітка – для горловини № 49, при розташуванні уповільнювачів 1ГП між стрілочними переходами 2-3 максимальна різниця уклонів $i_{шв3}$ і $i_{1ГП}$ може складати 12‰ за умови забезпечення вимоги щодо розташування уповільнювачів відносно кривих у плані та профілі не ближче 1 м.

$$l_{ш61} = T_{61} + 20 + T_{62} = 6,25 + 20 + 3,13 = 29,38 \text{ м};$$

$$l_{ш62} = T_{62} + 6,95 + 3 = 3,13 + 6,95 + 3 = 13,08 \text{ м};$$

$$T_{64} = 0,5 \cdot \Delta i \cdot R_g \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot (24 - 12) \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 1,5 \text{ м};$$

$$l_{ш63} = (28,8 - 3) + 6,95 + T_{64} = 25,8 + 6,95 + 1,5 = 34,52 \text{ м};$$

$$l_{1ГГ} = T_{64} + 1 + 2 \cdot l_{yn} + 0,5 \cdot v_4 = 1,5 + 1 + 2 \cdot 13,48 + 0,5 \cdot 10,5 = 34,71 \text{ м}$$

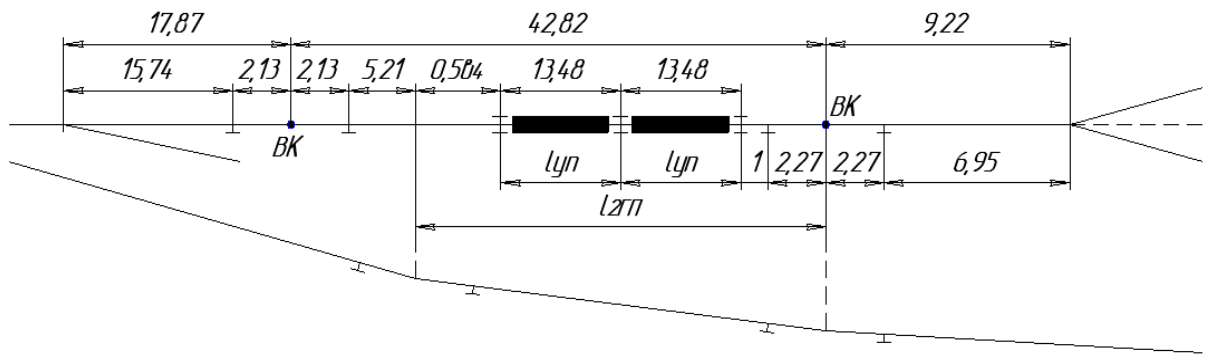
Перелом профілю між $i_{ш63}$ і $i_{1ГГ}$ може також розміщуватись в межах стрілочного перевodu 2 на відстані 3 м від його центру в сторону ФВГ. У цьому випадку різниця уклонів $i_{ш63}$ і $i_{1ГГ}$ може бути до 25‰.

Пучкові гальмові позиції на плані гіркової горловини встановлюються у визначених для них місцях, що позначені пунктиром (рисунки 1.4, 1.5). Усі уповільнювачі, крім ВНУ-2, повинні розташовуватися на прямих ділянках колії.

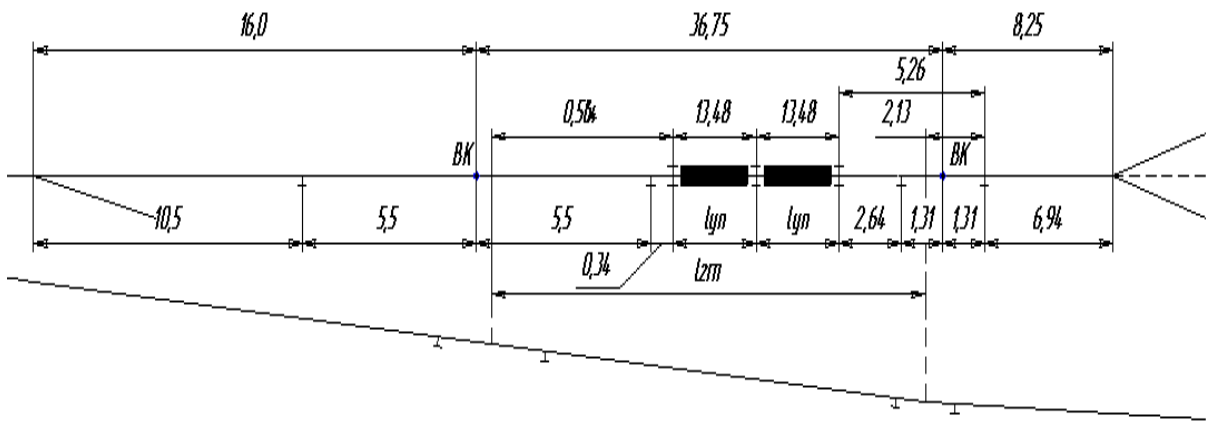
Паркові гальмові позиції встановлюються на кожній підгірковій колії у створі або в „розбіжку” по пучках на відстані 1 м за останньою захрестовинною кривою гіркової горловини, башмакоскидачі – не ближче 25 м за граничним стовпчиком прямої колії або не ближче 25 м за кінцем захрестовинної кривої на кожній рейковій нитці.

При визначенні довжини гальмових позицій слід враховувати довжину уповільнювачів (таблиця А.1) та довжину бази вагона $v_4 = 10,5 \text{ м}$ [10]. На 1ГП слід вкладати більш потужні уповільнювачі (таблиця А.1), які дозволяють реалізовувати найбільшу швидкість входу. На 2ГП при виборі типу уповільнювачів слід враховувати можливість їх розміщення на прямій ділянці між стрілочними переводами. На ПГП, як правило, вкладаються уповільнювачі типу ВНУ-2, які дозволяється розташовувати в кривих ділянках колії з радіусом не менше 180 м.

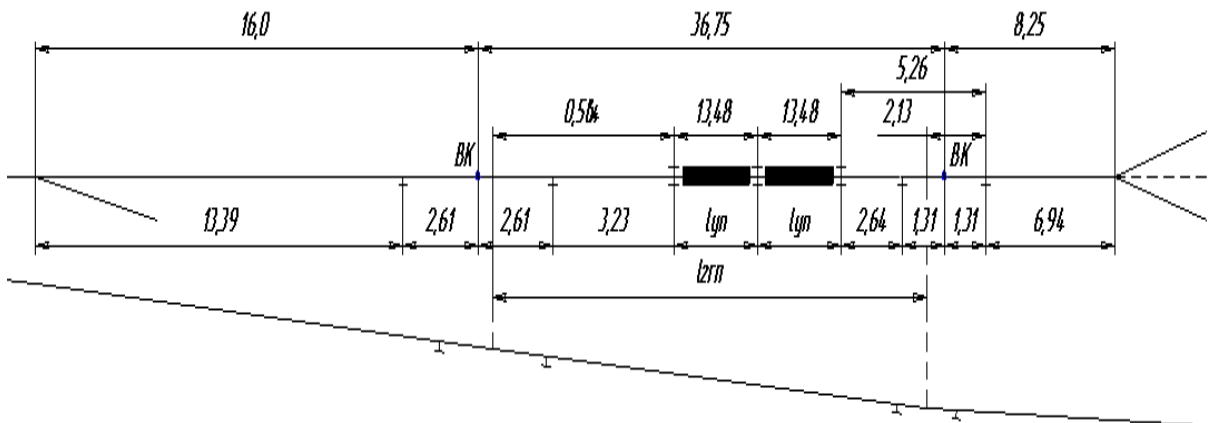
Розрахункова точка розташовується на відстані 50 м від кінця паркової гальмової позиції.



а



б



в

- а) для горловины № 47 (між стрілочними переводами 3-4);
- б) для горловины № 49 (між стрілочними переводами 3-4);
- в) для горловины № 50 (між стрілочними переводами 3-4).

Рисунок 1.4 – Розташування 2ГП відносно пучкової стрілки, якщо перед стрілочним переводом проектується крива в плані

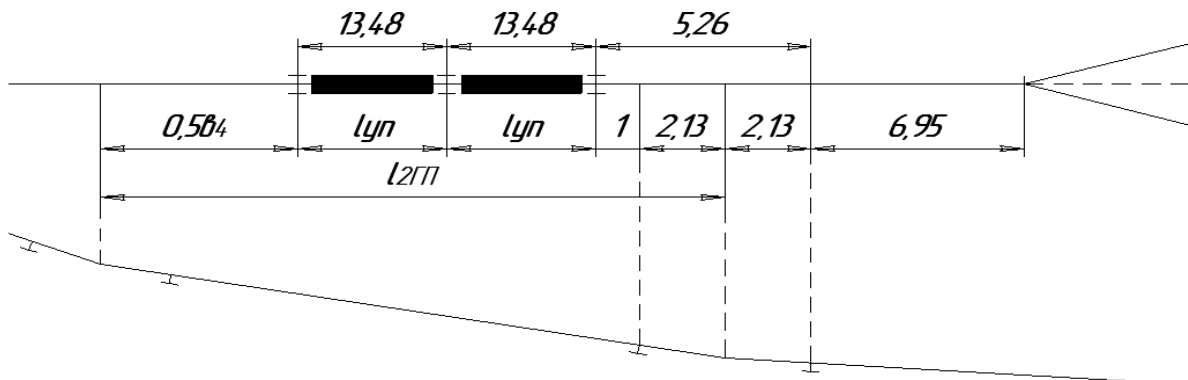


Рисунок 1.5 – Розташування 2ГП відносно пучкової стрілки при відсутності кривої ділянки колії перед стрілочним переводом

2 КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ СОРТУВАЛЬНОЇ ГІРКИ

2.1 Визначення конструктивної висоти гірки

Конструктивна висота ГПП, ГВП, ГСП визначається як сума профільних висот розрахункових ділянок:

- головної ділянки h_1 – між вершиною гірки та початком першої гальмової позиції;
- середньої ділянки h_2 – між початком першої гальмової позиції та початком другої гальмової позиції;
- нижньої ділянки h_3 – між початком другої гальмової позиції та розрахунковою точкою

$$H_k = h_1 + h_2 + h_3. \quad (2.1)$$

Для ГМП з однією гальмовою позицією на спускній частині висота гірки визначається сумою профільних висот двох ділянок: головної – h_1 та нижньої – h_3

$$H_k = h_1 + h_3. \quad (2.2)$$

Докладний приклад розрахунку сортувальної гірки малої потужності наведено в [6].

При визначенні конструктивної висоти гірки за розрахунковий бігун використовується піввагон, що має силу тяжіння 850 кН .

Профільна висота головної ділянки h_1 повинна визначатися з урахуванням найбільш повного використання допустимої швидкості входу розрахункового бігуна (ДХ) на уповільнювачі першої гальмової позиції при сприятливих умовах скочування.

Висота h_1 визначається так:

$$h_1 = \frac{V_{ex}^2 - V_o^2}{2g'_{ДХ}} + h_{осн1} + h_{ск1}, \quad (2.3)$$

де V_{ex} – допустима швидкість входу ДХ на уповільнювачі 1ГП (таблиця А.1), м/с ;

V_o – найбільша допустима початкова швидкість розпуску розрахункового бігуна, $V_o = 2,5 \text{ м/с}$ [1];

$g'_{ДХ}$ – прискорення вільного падіння з урахуванням моменту інерції частин вагона, що обертаються, м/с^2

$$g'_{ДХ} = \frac{9,81}{1 + 0,42 \frac{n_{oc} \cdot g}{q_{ДХ}}}, \quad (2.4)$$

де n_{oc} – число осей у вагоні, $n_{oc} = 4$;

g - прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

$q_{ДХ}$ – сила тяжіння дуже хорошого бігуна, $q_{ДХ} = 850 \text{ кН}$;

$h_{осн1}$ – витрачена енергетична висота на подолання основного питомого опору руху в межах головної ділянки, кДж/кН

$$h_{осн1} = l_1 \cdot \omega_{осн} \cdot 10^{-3}, \quad (2.5)$$

де l_1 – довжина головної ділянки від вершини гірки до початку першої гальмової позиції, що визначається за планом горловини, м;
 $\omega_{осн}$ – основний питомий опір руху ДХ (таблиця А.2), Н / кН;
 $h_{ск1}$ – витрачена енергетична висота на подолання опору стрілок та кривих в межах головної ділянки, кДж/кН

$$h_{ск1} = (0,56 \cdot n_{стр} + 0,23 \cdot \sum \alpha^\circ) \cdot V_{сер}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.6)$$

де $n_{стр}$ – число стрілочних переводів в межах головної ділянки (визначається за планом горловини);
 $\sum \alpha^\circ$ – сума кутів повороту на стрілках та кривих в межах головної ділянки (визначається за планом горловини);
 $V_{сер}$ – середня швидкість руху вагона в межах головної ділянки (таблиця А.3), м/с.

Варіантні значення профільних висот середньої h_2 та нижньої h_3 ділянок залежать від довжини та уклонів елементів поздовжнього профілю.

Профільна висота h_2 складається із профільних висот першої гальмової позиції та проміжної ділянки

$$h_2 = (\Delta l_{1ГП} \cdot i_{1ГП} + l_{пр} \cdot i_{пр}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.7)$$

де $\Delta l_{1ГП}, i_{1ГП}$ – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, ділянки першої гальмової позиції (рисунки 1.2, 1.3);
 $l_{пр}, i_{пр}$ – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, проміжної ділянки.

Довжини елементів визначаються за планом гіркової горловини. Уклон 1ГП ГПП, ГВП, ГСП повинен бути не менше 12‰, ГМП - не менше 7‰. Уклон проміжної ділянки повинен бути не менше 7‰ [1].

Профільна висота h_3 складається з:

- профільної висоти другої гальмової позиції;
- профільної висоти стрілочної зони;
- профільної висоти початку колій сортувального парку;
- профільної висоти паркової гальмової позиції;
- профільної висоти від ПГП до розрахункової точки.

$$h_3 = (\Delta l_{2ГП} \cdot i_{2ГП} + l_{c3} \cdot i_{c3} + l_{cn1} \cdot i_{cn1} + l_{ПГП} \cdot i_{ПГП} + l_{cn2} \cdot i_{cn2}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.8)$$

де $\Delta l_{2ГП}, i_{2ГП}$ – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, ділянки 2ГП (рисунки 1.4, 1.5);

l_{c3}, i_{c3} – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, ділянки стрілочної зони;

l_{cn1}, i_{cn1} – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, ділянки від граничного стовпчика сортувальних колій до початку ПГП;

$l_{ПГП}, i_{ПГП}$ – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, ділянки паркової гальмової позиції;

l_{cn2}, i_{cn2} – відповідно довжина, м, та уклон, ‰, ділянки від кінця ПГП до розрахункової точки.

Довжини ділянок визначаються за планом гіркової горловини. Границями ділянок 1ГП та 2ГП є точки, що знаходяться на відстані половини колісної бази ($b_4 = 10,5$ м) розрахункового бігуна від ізолюючих стиків уповільнювачів 1ГП та 2ГП. Уклони ділянок приймаються згідно з [1].

Висота сортувальної гірки H_k та конструкція її поздовжнього профілю перевіряється на умови забезпечення необхідної дальності пробігу розрахункового бігуна, а також можливості реалізації встановленої швидкості розпуску.

2.2 Визначення розрахункової та технологічної висоти гірки

Розрахункова висота гірки повинна забезпечувати докочування вагона розрахункової вагової категорії (згідно із завданням) від вершини гірки до РТ точки в зимових

несприятливих умовах по трудній за опором колії. Розрахункова висота для ГПП, ГВП та ГСП визначається за формулою

$$H_p = 1,75 \cdot (h_{осн} + h_{ск} + h_{св}) + h_{сн} - h_o, \quad (2.9)$$

де 1,75 – міра відхилення розрахункового значення $(h_{осн} + h_{ск} + h_{св})$ від його середнього значення;

$h_{осн}$ – витрачена енергетична висота на подолання основного опору руху в межах розрахункової довжини, кДж/кН

$$h_{осн} = L_p \cdot \omega_{осн} \cdot 10^{-3}, \quad (2.10)$$

де L_p – розрахункова довжина трудної за опором колії від УВГ до розрахункової точки, що визначається за планом гіркової горловини, м;

$\omega_{осн}$ – основний питомий опір руху розрахункового бігуна (таблиця А.4), Н/кН;

$h_{ск}$ – витрачена енергетична висота на подолання опору стрілок та кривих в межах розрахункової довжини, кДж/кН

$$h_{ск} = h_{ск1} + h_{ск2} + h_{ск3} + h_{ск4}, \quad (2.11)$$

де $h_{ск1}, h_{ск2}, h_{ск3}, h_{ск4}$ – відповідно значення витраченої енергетичної висоти на подолання опору стрілок та кривих на окремих ділянках гірки, кДж/кН

$$h_{ски} = (0,56 \cdot n_{сmpi} + 0,23 \cdot \sum \alpha_i^\circ) \cdot V_{сеп i}^2 \cdot 10^{-3}, \quad (2.12)$$

де $n_{сmpi}$ – число стрілочних переводів в межах i -ї ділянки;

$\sum \alpha_i^\circ$ – сума кутів повороту на стрілочних переводах та кривих в межах i -ї ділянки;

$V_{сеп i}$ – середня швидкість руху в межах i -ї ділянки (таблиця А.3), м/с;

h_{ce} – витрачена енергетична висота на подолання опору від середовища та вітру, *кДж/кН*

$$h_{ce} = h_{ce1} + h_{ce2} + h_{ce3} + h_{ce4}, \quad (2.13)$$

де $h_{ce1}, h_{ce2}, h_{ce3}, h_{ce4}$ – відповідно значення витраченої енергетичної висоти на подолання опору середовища та вітру на окремих ділянках гірки, *кДж/кН*

$$h_{cei} = \sum \omega_{cei} \cdot l_i \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

де ω_{cei} – додатковий питомий опір середовища та вітру на *i*-й ділянці гірки, *Н/кН*

$$\omega_{cei} = \frac{17,8 \cdot S \cdot C_x \cdot g}{(273 + t_p^\circ) \cdot q_p} \cdot V_{pi}^2, \quad (2.15)$$

де C_x – коефіцієнт повітряного опору одиничних вагонів, що залежить від роду вагона, числа осей, міделя вагона і кута α між результирующим вектором відносної швидкості та напрямком руху вагона (таблиці А.5);

S – мідель вагона (таблиця А.5), *м²*;

g - прискорення вільного падіння, *м/с²*;

t_p° – розрахункова температура зовнішнього повітря, яка приймається згідно із завданням. При відсутності вихідних даних для несприятливих умов t_p° може бути визначена як

$$t_p^\circ = \bar{t}^\circ + 0,3 \cdot \bar{\tau} \cdot (t_{min}^\circ - \bar{t}^\circ), \quad (2.16)$$

де $\bar{t}^\circ, t_{min}^\circ$ – відповідно середня та мінімальна температура розрахункового місяця, *С^о*;

$\bar{\tau}$ – нормоване відхилення (2,5 – для ГВП, ГСП; 3 – для ГПП) [1];

q_p – сила тяжіння розрахункового бігуна, за який при перевірці висоти гірки приймається 4-вісний критий

вагон на роликів підшипниках (згідно з завданням), кН. Ця сила тяжіння визначається як середньозважене значення сили тяжіння вагонів легковагової групи. При відсутності вихідних даних приймається 250 кН;

V_{pi} – результуюча швидкість руху середовища та вітру на i -й ділянці гірки, м/с

$$V_{pi}^2 = V_{cepi}^2 + V_6^2 + 2V_{cepi} \cdot V_6 \cdot \cos\beta, \quad (2.17)$$

де V_{cepi} – середня швидкість руху середовища, що чисельно дорівнює середній швидкості скочування вагона на i -й ділянці, але із протилежним напрямком (таблиця А.6), м/с;

V_6 – швидкість руху зустрічного вітру (згідно із завданням), що направлена під кутом β (згідно із завданням) до осі ділянки колії, по якій рухається вагон (рисунок 2.1), м/с

$$\alpha = \arcsin \cdot \frac{V_6 \cdot \sin\beta}{V_p}, \quad (2.18)$$

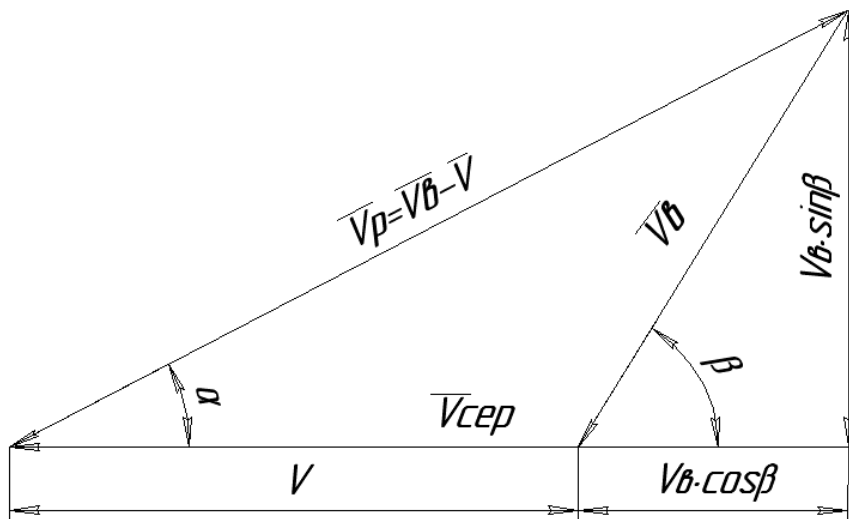


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема визначення швидкості вагона і вітру

При кутах $\beta \leq 30^\circ$ із допустимою помилкою $\alpha = 0,5 \cdot \beta$, тоді

$$V_{pi} = V_{cep\ i} + V_{\sigma}, \quad (2.19)$$

h_{ch} – витрачена енергетична висота на подолання опору від снігу та інею, *кДж/кН*

$$h_{ch} = \omega_{ch} \cdot l_{ch} \cdot 10^{-3}, \quad (2.20)$$

де l_{ch} – розрахункова довжина трудної за опором колії від кінця 2ГП до розрахункової точки, *м*;

ω_{ch} – питомий опір руху від снігу та інею (таблиця А.7), *Н/кН*;

h_o – питома енергія, що відповідає встановленій швидкості розпуску, *кДж/кН*

$$h_o = \frac{V_o^2}{2g'}, \quad (2.21)$$

де V_o – початкова швидкість розпуску, що відповідає потужності сортувальної гірки (таблиця А.6), *м/с*;

g' – прискорення вільного падіння з урахуванням моменту інерції частин вагона, що обертаються, *м/с²*;

$$g' = \frac{9,81}{1 + 0,42 \frac{n_{oc} \cdot g}{q_p}}, \quad (2.22)$$

де n_{oc} – число осей у вагоні, $n_{oc} = 4$;

g - прискорення вільного падіння, *м/с²*;

q_p – сила тяжіння розрахункового бігуна (згідно із завданням), *кН*.

Крім цього, треба розрахувати висоту гірки, яка необхідна для докочування дуже поганого бігуна (піввагона) від вершини гірки до РТ в зимових несприятливих умовах по трудної за опором колії. Ця висота називається розрахунковою технологічною і застосовується при технологічних розрахунках гірки.

$$H_p^m = \bar{h}_{осн}^{ДП} + \bar{h}_{ск} + \bar{h}_{св}^{ДП} + \bar{h}_{сн}^{ДП} - h_o^{ДП}, \quad (2.23)$$

де $\bar{h}_{осн}^{ДП}; \bar{h}_{св}^{ДП}; \bar{h}_{ск}; \bar{h}_{сн}^{ДП}; h_o^{ДП}$ – відповідно висоти, що розраховуються за формулами (2.10) – (2.22) для дуже поганого бігуна, кДж/кН.

За розрахунковий бігун при визначенні розрахункової технологічної висоти приймається піввагон, що має силу тяжіння $q_{ДП} = 220$ кН (таблиця А.2) та основний питомий опір $\omega_{осн} = 4,5$ Н/кН (таблиця А.2).

Після розрахунків проводиться порівняння результатів і встановлюється варіант фактичної висоти гірки H_{ϕ} .

Якщо $H_p^m > H_p$, то $H_{\phi} = H_p^m$.

Якщо $H_p^m \leq H_p$, то $H_{\phi} = H_p$.

Далі проводиться порівняння H_k і H_{ϕ} .

Якщо $H_k \geq H_{\phi}$, то до подальших розрахунків приймається H_{ϕ} .

Якщо $H_k < H_{\phi}$, то слід збільшити уклони середньої h_2 та нижньої діляниць h_3 таким чином, щоб

$$h_2 + h_3 = H_{\phi} - h_1. \quad (2.24)$$

Якщо і після цього $H_k < H_{\phi}$, то слід на 1ГП встановити уповільнювачі, що дозволять реалізувати більшу швидкість входу вагонів на них.

2.3 Розрахунок уклонів елементів поздовжнього профілю

Поздовжній профіль гірки складається із насувної, перевальної, спускної частин та колій сортувального парку (до розрахункової точки).

Профіль насувної частини гірки проектується відповідно до [1] за двома варіантами:

- перед спряжуючою кривою на горбі гірки проектується підйом з уклоном $8-10\text{‰}$ на відстані 50м ; попередня ділянка колії насуву (від стрілки передгіркової горловини парку приймання до початку підйому) проектується на підйомі в сторону гірки $1-2\text{‰}$ (рисунок 2.2);
- перед спряжуючою кривою горба гірки підйом проектується крутістю в середньому $12-16\text{‰}$ протягом $150-100\text{м}$ з метою підвищення ефективності розпуску составів із змінною швидкістю; попередня ділянка насувної частини (довжиною близько 350 м) перед підйомом повинна розташовуватися на горизонтальній площадці або на підйомі не крутіше 1‰ ; різниця уклонів цього та суміжного з ним елементів не повинна перевищувати 25‰ (рисунок 2.3).

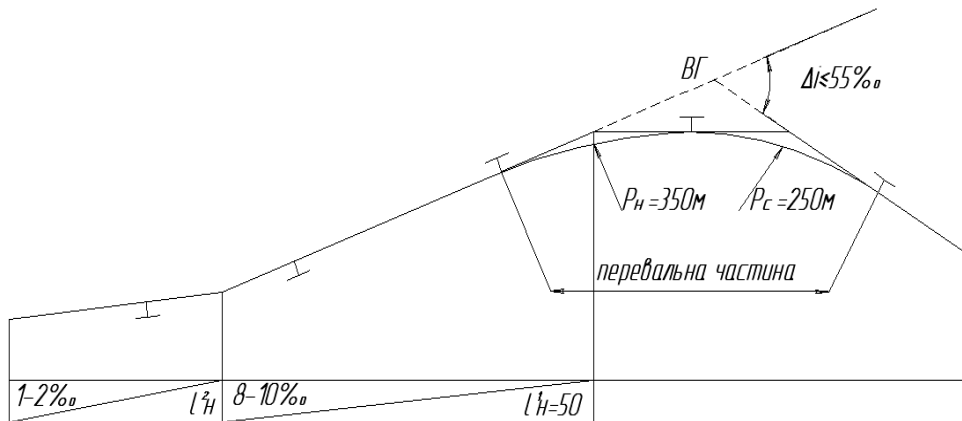


Рисунок 2.2 – Поздовжній профіль насувної частини гірки (1-й варіант)

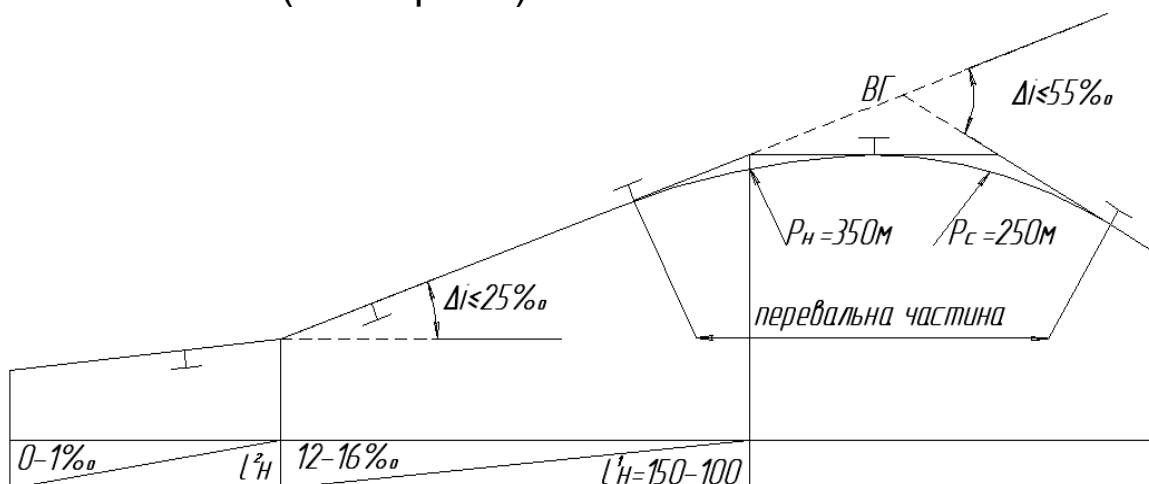


Рисунок 2.3 – Поздовжній профіль насувної частини гірки

(2-й варіант)

Середня величина підйому насувної частини визначається за умови зрушування з місця та інтенсивного розгону повновагового состава з прийнятим числом гіркових локомотивів (одним або вома) при знаходженні першого вагона на вершині гірки

$$i_{зр} = \frac{F_{зр}}{P + Q} - \omega_{зр} - \omega_{ск}, \quad (2.25)$$

де $F_{зр}$ – сила тяги маневрового локомотива при зрушуванні з місця, H (приймається відповідно до Правил тягових розрахунків для обраної серії маневрового локомотива [11]);

P – сила тяжіння маневрового локомотива [2], kH ;

Q – сила тяжіння состава (згідно із завданням), kH ;

$\omega_{зр}$ – підсумковий (основний та додатковий) питомий опір при зрушуванні состава з місця, H/kH

$$\omega_{зр} = \frac{28 \cdot g^2}{7 \cdot g^2 + q_o}, \quad (2.26)$$

g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

q_o – середнє осьове навантаження на рейки, визначається в залежності від сили тяжіння состава та загального числа осей у складі поїзда (згідно із завданням) kH ;

$\omega_{ск}$ – додатковий опір від стрілочних переводів та кривих на насувній частині гірки та частині колій парку приймання в межах довжини состава, що зупинився перед вершиною гірки, H/kH

$$\omega_{ск} = \frac{V_H^2 \cdot (0,56 \cdot n_{сmp} + 0,23 \cdot \sum \alpha^\circ)}{L_c}, \quad (2.27)$$

$n_{cmp}, \sum \alpha^\circ$ – число стрілочних переводів та сума кутів повороту в межах довжини состава перед вершиною гірки;
 V_n – швидкість насуву состава на гірку, м/с;
 L_c – довжина состава, м.

Після визначення уклону, що забезпечує зрушення состава з місця, необхідно порівняти його із приведеним уклоном насувної частини гірки, що визначається як

$$i_{np} = \frac{\sum_{i=1}^3 l_i \cdot i_i}{L_c}, \quad (2.28)$$

де $\sum_{i=1}^3 l_i \cdot i_i$ – алгебраїчна сума профільних висот насувної частини гірки та частини колій парку приймання в межах довжини состава, м.

Якщо $i_{np} \leq i_{zp}$, то запроєктований поздовжній профіль насувної частини гірки забезпечує зрушення состава заданої сили тяжіння з місця.

Якщо $i_{np} > i_{zp}$, то необхідно змінити уклони насувної частини гірки та колій парку приймання, в межах допустимих норм, або запропонувати заходи щодо збільшення уклону, що забезпечує зрушення состава з місця (збільшити число маневрових локомотивів або використовувати більш потужні маневрові локомотиви).

Поздовжній профіль спускної частини гірки та колій сортувального парку складається із таких елементів: швидкісної ділянки, ділянки 1ГП, проміжної ділянки, ділянки 2ГП, стрілочної зони, ділянки сортувальних колій (рисунок 1.1).

В залежності від своєї довжини швидкісна ділянка може складатися із одного, двох або трьох елементів.

Швидкісний елемент спускної частини гірки слід проектувати по можливості більш крутим, але не більше 50‰. Різниця уклонів суміжних елементів на спускній частині гірки не повинна перевищувати 25‰ [1].

Перша гальмова позиція ГПП, ГВП та ГСП розташовується на уклоні не менше 12‰ [1].

Дільниця другої гальмової позиції проектується на уклоні не менше 7-10‰. Проміжна дільниця проектується на уклоні, що знаходиться в межах уклонів 1ГП та 2ГП [1].

Дільниця стрілочної зони до її кінця проектується:

- на уклонах 1-1,5‰;
- на крайніх коліях – до 2‰ для гірок з числом колій до 30;
- до 2,5‰ для гірок з числом колій більше 30 та в холодних температурних зонах.

Дозволяється продовжувати уклон до 2‰ в межах захрестовинних кривих на початку сортувальних колій [1].

Дільниця колій сортувального парку від граничного стовпчика останнього розділового стрілочного переводу до паркової гальмової позиції при розташуванні її в кривій проектується на такому ж уклоні, що і стрілочна зона, а на прямій – до 1,5‰ [1].

Паркова гальмова позиція при обладнанні її дворейковими уповільнювачами на нових гірках та при сприятливих умовах на гірках, що експлуатуються, може при обґрунтуванні розташовуватися на спуску до 8‰, в інших випадках при розташуванні на кривій – на уклоні до 2‰, а на прямій – до 1,5‰ [1].

Сортувальні колії за парковою гальмовою позицією на нових гірках слід проектувати на рівномірному спуску з уклоном 0,6‰, крім останньої дільниці довжиною 100м, що сумісно з вихідною горловиною сортувального парку повинна розташовуватися на підйомі 2‰ [1].

При розташуванні 1ГП за першою розділовою стрілкою (перехресним з'їздом) швидкісна дільниця проектується з трьох елементів (рисунок 1.3).

Довжина елементів визначається, виходячи з максимальної алгебраїчної різниці суміжних уклонів, при цьому $T_{e1} = 6,25 \text{ м}$; $T_{e2} = 3,13 \text{ м}$; перелом профілю у кінці першого елемента швидкісної дільниці виконується на відстані T_{e2} від прямої дільниці (20м); у кінці другого – на відстані 3м за центром першої розділової стрілки, а у кінці

третього – на відстані T_{e4} від переднього стику рамної рейки першої пошерстної стрілки.

При максимальному уклоні першого елемента швидкісної дільниці 50‰, а другого – 25‰, уклон третього елемента може бути від 12÷19‰, виходячи з умови допустимої швидкості входу ДХ на уповільнювачі (таблиця А.1).

Довжина дільниці 1ГП залежить від типу уповільнювачів і типу рейок на спускній частині гірки та визначається в поздовжньому профілі як

- для рисунка 1.2

$$l_{1ГП} = 0,5e_4 + n \cdot l_{yn} + 0,5e_4, \quad (2.29)$$

- для рисунка 1.3

$$l_{1ГП} = T_{e4} + l + n \cdot l_{yn} + 0,5e_4, \quad (2.30)$$

де l_{yn} – довжина вагонного уповільнювача від переднього до заднього ізолюючого стику (таблиця А.1);

n – число вагонних уповільнювачів;

e_4 – колісна база вагона (відстань між центрами першої та останньої осі – 10,5 м) [10].

Друга гальмова позиція, як правило, розташовується перед першим протишерстним стрілочним переводом пучка. Довжина 2ГП визначається відповідно до заданої гіркової горловини за рисунками 1.4, 1.5.

Уклон 1ГП, що розташована за першою розділовою стрілкою, повинен бути не менше 12‰ і не більше уклону останнього елемента швидкісної дільниці, а при розташуванні її до першої розділової стрілки – не менше 12‰ і не більше 25‰ [1].

При розрахунку уклону швидкісної дільниці, що складається з трьох елементів (рисунок 1.3), уклони першого та другого елементів приймаються максимальними ($i_{увс1} = 50\text{‰}$, $i_{увс2} = 25\text{‰}$), а уклон третього елемента швидкісної дільниці розраховується за формулою

$$i_{шв3} = \frac{(H_{\phi} - h_2 - h_3) \cdot 10^3 - 50 \cdot l_{шв1} - 25 \cdot l_{шв2}}{l_{шв3}}, \quad (2.31)$$

де h_2, h_3 - відповідно профільні висоти середньої та нижньої ділянки гірки, які визначаються для трудної колії за формулами (2.7), (2.8). При цьому уклони елементів приймаються мінімальними.

Якщо $i_{шв3} < i_{1ГП}$, то слід прийняти $i_{шв3} = i_{1ГП}$ і розрахувати уклон другого елемента швидкісної ділянки за умови, що $i_{шв1} = i_{шв2} + 25\%$

$$i_{шв2} = \frac{(H_{\phi} - h_2 - h_3) \cdot 10^3 - 25 \cdot l_{шв1} - 12 \cdot l_{шв3}}{l_{шв1} + l_{шв2}}. \quad (2.32)$$

Як варіант, швидкісна ділянка може бути запроєктована з двох елементів (на рисунку 1.3 елементи $l_{шв1}$ та $l_{шв2}$ об'єднуються в один елемент загальною довжиною).

Якщо $i_{шв2} - i_{1ГП} > 25\%$, то

$$i_{шв2} = \frac{(H_{\phi} - h_3) \cdot 10^3 + 25 \cdot l_{1ГП} - 50 \cdot l_{шв1} - i_{np} \cdot l_{np}}{l_{шв2} + l_{1ГП}}. \quad (2.33)$$

Якщо 1ГП розташовується до першої розділової стрілки (рисунок 1.2), то швидкісна ділянка, як правило, складається з одного елемента. В такому випадку уклон швидкісної ділянки розраховується так:

$$i_{шв} = \frac{(H_{\phi} - h_2 - h_3) \cdot 10^3}{l_{шв}}. \quad (2.34)$$

Отримане значення уклону швидкісної ділянки повинно задовольняти умову $i_{шв} \leq 37\%$ (оскільки уклон 1ГП приймався мінімальним – 12% і за умови, що максимальна різниця уклонів суміжних елементів на спускній частині гірки $\Delta i = 25\%$).

Якщо $i_{ув} > 37 ‰$, то слід перерахувати уклон швидкісної дільниці за умови забезпечення $\Delta i = 25 ‰$ між уклоном швидкісної дільниці та дільницею 1ГП

$$i_{ув} = \frac{(H_{\phi} - h_3) \cdot 10^3 - l_{np} \cdot i_{np} + 25 \cdot l_{1ГП}}{l_{ув} + l_{1ГП}}. \quad (2.35)$$

Тоді, якщо $i_{ув} \leq 50 ‰$, $i_{1ГП} = i_{ув} - 25$.

Якщо $i_{ув} > 50 ‰$, то слід прийняти $i_{ув} = 50 ‰$, $i_{1ГП} = 25 ‰$ та перерахувати уклон проміжної дільниці

$$i_{np} = \frac{(H_{\phi} - h_3) \cdot 10^3 - 50 \cdot l_{ув} - 25 \cdot l_{1ГП}}{l_{np}}. \quad (2.36)$$

Запроектований поздовжній профіль (із встановленими в результаті розрахунку уклонами та довжинами елементів) необхідно навести на рисунку в курсовому проекті.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР: ВСН 207-89. – М.: Транспорт, 1992. – 105 с.

2 Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справ. и метод. пособие /Под ред. А.М.Козлова и К.Г.Гусевой. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.

3 Железнодорожные станции и узлы /Под ред. В.М. Акулиничева. – М.: Транспорт, 1992. – 480 с.

4 Савченко И.Е., Земблинов С.В., Страковский И.И. Железнодорожные станции и узлы. – М.: Транспорт, 1980. – 479 с.

5 Крячко В.І. Розрахунки та проектування основних пристроїв на залізничних станціях: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2001. – Ч.2. – 138 с.

6 Пестременко А.З., Огар О.М. Розрахунок сортувальних пристроїв в прикладах і задачах. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – Ч.2. – 38 с.

7 Нагорный Е.В. Комплексный расчет высоты и продольного профиля сортировочных горок с применением ЭВМ. – Харьков: ХИИТ, 1996. – Ч.2. – 36 с.

8 Нагорный Е.В. Комплексный расчет высоты и продольного профиля сортировочных горок с применением ЭВМ. – Харьков: ХИИТ, 1997. – Ч. 2. – 45 с.

9 Пестременко А.З., Огар О.М. Проектування залізничних станцій та вузлів: Довідкові матеріали. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Ч.3. – 22 с.

10 Конструирование и расчет вагонов: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. /Под ред. В.В.Лукина. – М.: УМК МПС Россия, 2000. – 731 с.

11 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

Таблиця А.2 – Числові характеристики розрахункових бігунів

Характеристики	Числові характеристики розрахункових бігунів (вагонів)			
	ДП	П	Х	ДХ
Сила тяжіння, кН	220	250	700	850
Основний питомий опір $\omega_{осн}$, Н/кН	4,5	4,0	0,8	0,5

Таблиця А.3 – Середня швидкість руху бігунів по різних дільницях гірки

Розрахункові дільниці гірки	Середня швидкість руху вагона на гірці, м/с						
	з двома та більше ГП на спускній частині				з однією ГП на спускній частині		без ГП на спускній частині
	ГПП	ГВ П	ГСП	ГММ	ГСП	ГМП	ГММ
Від вершини гірки до початку 1ГП	4,5	4,2	4,0	3,5	4,5	3,5	3,0
Від початку 1ГП до початку 2ГП	6,0	5,5	5,0	4,0			
Від початку 2ГП до початку ПГП або башмакоскидача	5,0	5,0	4,0	3,0	4,0	3,0	1,4
Сортувальні колії (до РТ)	2,0	2,0	2,0	1,4	2,0	1,4	

Таблиця А.4 – Числові характеристики розрахункових бігунів різних вагових категорій

Діапазон	Вагова категорія вагона	Числові характеристики
----------	-------------------------	------------------------

сили тяжіння, кН	розподілення, Н/кН			
	назва	позна- чення	середнє значення	середнє квадратичне відхилення
До 280	Легка	Л	1,75	0,67
280-440	Легко-середня	ЛС	1,54	0,59
440-600	Середня	С	1,40	0,50
600-720	Середньо-важка	СВ	1,25	0,38
Більше 720	Важка	В	1,23	0,35

Таблиця А.5 – Значення коефіцієнта повітряного опору C_x

Тип вагона	Число осей	S , m^2	Кут α між результуючим вектором відносної швидкості і напрямком руху відчепа, град.						
			0	10	20	30	50	70	90
Піввагон	4	8,5	1,36	1,68	1,83	1,76	1,11	0,43	0,10
Критий	4	9,7	1,12	1,46	1,64	1,58	0,92	0,29	0,10
Піввагон	8	10,7	1,56	1,95	2,09	2,03	1,15	0,4	0,15

Таблиця А.6 – Розрахункові сполучення та швидкість розпуску

Тип сортувальної гірки			Розрахун- кове сполучення бігунів	Швидкість розпуску, м/с
Гірка підвищеної потужності			ДП-ДХ-ДП	1,7
Гірка великої потужності			ДП-ДХ-ДП	1,7
Гірка середньої потужності			ДП-Х-ДП	1,4
Гірка малої потужності	з гальмовою позицією на спускній частині	механізована	ДП*-Х-ДП*	1,2
		немехані- зована	ДП*-Х-ДП*	1,0
	без гальмової позиції на спускній частині		ДП*-Х-ДП*	0,8

* - при частці порожніх вагонів більше 30%, в протилежному випадку приймається сполучення П-Д-П

Таблиця А.7 – Додатковий питомий опір вагона від снігу та інею

Вагова категорія	Питомий опір $\omega_{сн}$, Н/кН, при температурі, °С					
	-10	-20	-30	-40	-50	-60
Легка	0,2	0,3	0,5	0,9	1,7	3,3

Легко-средня	0,1	0,2	0,4	0,7	1,3	2,4
Средня	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0
Средньо- важка	-	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6
Важка	-	0,1	0,2	0,3	0,7	1,5

Таблиця 1.1 – Класифікація та технічне оснащення сортувальних гірок

Тип сортувального пристрою	Обсяг переробки вагонів за добу	Число колій				Число гальмових позицій		Наявність колієпроводів під гіркою
		у сортувальному парку	насувних	спускних	обхідних	на спускній частині	у сортувальному парку	
ГПП	Більше 5500	Більше 40	3 (більше 3)	2-3 (4)	2	2	1 (2)	1
ГВП	3500-5500	30-40	2 (більше 2)	2	1 (2)	2	1 (2)	(1)
ГСП	1500-3500	17-29	2	1(2)	1 (2)	2	1	(1)

Примітка – У дужках указано колійний розвиток та технічне оснащення, що застосовується при відповідному обґрунтуванні

ДОДАТОК А

Довідкові матеріали до розрахунку гірки

Таблиця А.1 – Технічна характеристика уповільнювачів

Показник	Тип уповільнювача							
	КВ-3	КНП-5	ВУПГ-5	ВУПГ-3	ВНУ-2	НК-114 (5)	НК-114 (3)	ЗВУ
Довжина по стиках, м	11,508	13,483	13,483	11,508	6,25	13,475	11,492	13,475
Довжина по балках, м	7,6	12,475	12,475	7,9	3,6	12,475	7,925	12,5
Ширина конструкції, м	3,8	3,9	3,25	3,25	4,84	3,6	3,6	3,6
Маса, т	33	34,8	23	13	6,5	32	21,5	32
Тип рейок	P65	P50	P50	P50	P50	P65	P65	P65
Розрахункова енергетична висота, що гаситься, кДж/кН	1,0	1,2	1,3	1,0	0,35	2,2	1,6	1,4
Допустима швидкість входу вагона, м/с	7	7	8	8	7	9	9	8

