

**Д. М. Козаченко**, доктор технічних наук, професор кафедри управління експлуатаційною роботою, начальник науково-дослідної частини Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна  
**О. Ю. Папахов**, кандидат технічних наук, доцент кафедри управління експлуатаційною роботою Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна  
**Н. О. Логвінова**, кандидат технічних наук, доцент кафедри Управління експлуатаційною роботою Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

### ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗЙОМУ В УМОВАХ ПРИСКОРЕНОГО ТА ШВИДКІСНОГО РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ

*Досліджено коефіцієнти зйому вантажних поїздів прискореними та швидкісними пасажирськими поїздами, а також визначено їх числові значення, які можуть використовуватися під час розрахунків пропускної спроможності залізничних напрямків. Об'єктом дослідження обрано процес пропуску вантажного поїздопотоку на залізничних напрямках під час застосування прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів. Предмет дослідження – параметри коефіцієнту зйому вантажних поїздів за прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів.*

*Проведені дослідження параметрів коефіцієнта зйому вантажних поїздів довели, що в разі непакетного прокладання пасажирських поїздів його числова характеристика залежить від співвідношення швидкості руху вантажного і пасажирського поїзда та станційних інтервалів у разі обгонів. Можна зробити висновок про доцільність застосування отриманих коефіцієнтів зйому під час розрахунків пропускної спроможності залізничних напрямків за прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів.*

*Ключові слова: пропускна спроможність; коефіцієнт зйому.*

*The article investigates factors accelerated Shot freight trains and high-speed passenger trains, as well as by their numerical value that can be used in the calculation of the capacity of railway lines. The object of study was chosen process of crossing railway freight stream train directions when applying accelerated and high-speed passenger trains. The study examined parameters are the coefficient Shot freight trains and at an accelerated speed of passenger trains.*

*The research parameters coefficient Shot freight trains have proved that when no batch laying passenger trains its numerical value depends on the characteristic speed of freight and passenger trains and station intervals when overtaking and conclude the feasibility of coefficients Shot in the calculation of the capacity of railway lines in accelerated and high-speed passenger trains.*

*Key words: throughput; coefficient shot.*

© Д. М. Козаченко, О. Ю. Папахов, Н. О. Логвінова, 2014

---

**Постановка проблеми.** Практично на всіх залізничних напрямках прямують поїзди різних категорій: пасажирські з різними швидкостями руху, приміські, прискорені вантажні та вантажні. Різниця швидкостей руху пасажирських і вантажних поїздів впливає на пропускну спроможність залізничних напрямків, що призводить до непаралельного графіка руху поїздів та зменшення пропускну спроможності.

Пропускна спроможність залізничних напрямків [1] розраховується в парах вантажних поїздів, а зв'язок між розмірами руху пасажирських і вантажних поїздів здійснюється через приведення розмірів руху пасажирських поїздів до вантажних з використанням коефіцієнтів зйому. Коефіцієнт зйому [2] залежить від різниці швидкостей руху пасажирських (звичайних, прискорених, швидкісних) та вантажних поїздів і показує зменшення можливої кількості поїздів у вантажному русі у зв'язку з пропуском пасажирських поїздів.

За такої ситуації постає проблема визначення розрахункових параметрів коефіцієнта зйому вантажних поїздів у разі прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів. Тому актуальна тематика даної праці, що присвячена визначенню числових характеристик коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими за прискореного та швидкісного руху.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні вчені широко дослідили визначення коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими за звичайної швидкості останніх. Однак питання визначення коефіцієнтів зйому під час прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів комплексно не розглядалося.

У праці [1] подано формули для розрахунку пропускну спроможності залізничних ділянок за різного технічного оснащення. У [2] наведено розрахункові формули для визначення числових значень коефіцієнтів зйому. У разі введення в дію тимчасової інструкції [3] застосування формул, наведених у [1; 2], не доцільно, оскільки не забезпечуються вимоги безпеки руху поїздів.

Визначення довжини блок-ділянок під час автоблокування за затвердженою методикою [4] здійснюється відповідно до гальмівних шляхів усіх категорій поїздів, що на максимально допустимій швидкості рухаються швидкісною залізничною лінією. Збільшення довжини блок-ділянок суттєво зменшить (принаймні на 35–40 %) пропускну спроможність перегонів і є економічно складним технічним завданням [5].

Дослідження коефіцієнта зйому ниток графіка пасажирськими поїздами на ділянках, обладнаних автоблокуванням, наведено в [6] та залежить від довжини блок-ділянок, часу ходу блок-ділянкою пасажирських і вантажних поїздів, станційних інтервалів прибуття і відправлення.

Аналіз даних визначень дозволяє зробити висновок, що в розглянутих дослідженнях немає комплексного підходу у визначенні числових характеристик коефіцієнтів зйому під час прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів.

**Мета статті** – оцінити вплив коефіцієнта зйому вантажних поїздів пасажирськими за прискореного та швидкісного руху.

**Виклад основного матеріалу.** Обсяги руху пасажирських поїздів на залізничних напрямках приймаються як задані. Методики дослідження поїздопотоків залізничних напрямків наведено в [7; 8]. Отже, розрахунок пропускну спроможності зводиться до визначення кількості вантажних поїздів, які можуть бути пропущені у заданій кількості пасажирських поїздів.

У зв'язку зі скороченням нічного руху пасажирських поїздів і введенням на залізничних напрямках УЗ прискорених денних експресів необхідно оцінити їхній коефіцієнт зйому та його вплив на пропускну спроможність залізничних напрямків.

Об'єкт дослідження – процес пропуску вантажного поїздопотоку на залізничних напрямках під час застосування прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів.

Предмет дослідження – параметри коефіцієнта зйому вантажних поїздів із прискореним та швидкісним рухом пасажирських поїздів.

Методики розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими за звичайних швидкостях руху (до 120 км/год) відомі, але під час застосування прискореного (120–160 км/год) та швидкісного (160–200 км/год) руху не можуть використовуватися через вимоги безпеки руху пасажирських поїздів у прямуванні станційними колями.

Розрахункова величина коефіцієнта зйому для звичайних швидкостей руху пасажирських поїздів складається з двох частин. Перша частина характеризується різницею тривалості ходу розрахунковою дільницею пасажирського і вантажного поїзда (основний зйом –  $\varepsilon_{oc}$ ). Друга частина обумовлюється некратністю інтервалів між попутними пасажирськими поїздами розрахунковим міжпоїзним інтервалам (додатковий зйом –  $\varepsilon_{доо}$ ).

На одноколійних лініях з двоколійними вставками організовується беззупинкове схрещення та обгін вантажних поїздів. Коефіцієнти зйому для пасажирських (приміських) і прискорених вантажних поїздів, що мають більшу швидкість руху ділянками, ніж вантажні, визначаються за формулою

$$\varepsilon_{in} = \varepsilon_{ia} + \varepsilon_{aia} = n_o - n_i + 0,5, \quad (1)$$

де  $n_p$  – розрахункова кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці;  $n_o$  – фактична кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці.

Розрахункова кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці визначається за формулою

$$n_o = \frac{t_{aia}(1-\Delta)}{J_p} + 1, \quad (2)$$

де  $t_{aia}$  – час ходу вантажного поїзда розрахунковою ділянкою, хв;  $\Delta$  – середнє співвідношення чистого часу ходу пари поїздів, що мають більшу швидкість, ніж вантажні, і часу ходу пари вантажних поїздів на розрахунковій ділянці;  $J_p$  – розрахунковий інтервал між попутними поїздами.

Фактична кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці визначається за формулою

$$n_i = \frac{t_{aia}}{t_a}, \quad (3)$$

де  $t_o$  – час ходу вантажного поїзда між обгонами, хв.

Час ходу вантажного поїзда між обгонами визначається за формулою

$$n_a = \frac{\tau_{ia} + t_a}{1-\Delta}, \quad (4)$$

де  $\tau_{nc}$  – середній інтервал прибуття пасажирського поїзда за вантажним на станції обгону, хв;

$t_{yn}$  – час уповільнення вантажного поїзда на перегоні перед станцією обгону, хв.

Середній інтервал прибуття пасажирського поїзда за вантажним на станції обгону визначається за формулою

$$\tau_{ia} = \tau_{ia}^f(1+\gamma), \quad (5)$$

де  $\tau_{nc}^f$  – розрахунковий інтервал, хв;

$\gamma$  – коефіцієнт неідентичності розташування перегонів.

Додатковий зйом пропускної спроможності обґрунтовується некратністю інтервалу між пасажирськими поїздами розрахунковому інтервалу між вантажними поїздами. Він

---

може змінюватися від 0 до 1. Фактична величина  $\varepsilon_{\text{доо}}$  має ймовірнісний характер; у розрахунках  $\varepsilon_{\text{доо}}$  приймається 0,5.

В умовах прискореного (від 120 до 160 км/год) та швидкісного (від 160 до 200 км/год) руху пасажирських поїздів дана методика розрахунку коефіцієнтів зйому підлягає уточненню відповідно до [3]. Вживання формул 1–5 недопустиме, оскільки вони не враховують умови безпечного пропуску прискорених і швидкісних поїздів станціями під час обгону вантажних поїздів.

По-перше, це проведення перевірних розрахунків наявних довжин блок-ділянок АБ за затвердженою методикою визначення їхньої довжини відповідно до гальмівних шляхів усіх категорій поїздів, що на максимально дозвільній швидкості рухатимуться швидкісною залізничною лінією [4]. Відповідність довжин блок-ділянок вимогам безпечної зони зближення поїздів згідно з довжиною гальмівного шляху найшвидкісніших поїздів зі збереженням значності сигналізації АБ (три-, чотиризначна). У даному випадку слід перерахувати (фактично збільшити) довжину блок-ділянок відповідно до швидкості пасажирських поїздів до 200 км/год, вантажних – до 120 км/год. Але збільшення довжини блок-ділянок суттєво зменшить (принаймні на 35–40 %) пропускну спроможність перегонів і є економічно складним технічним завданням [5].

По-друге, за використання наявного пасажирського та вантажного рухомого складу із його рухом швидкісними залізничними лініями за встановленими, відповідно до наявних нормативних документів, швидкостями дозволити швидкісний рух (до 200 км/год) лише тому спеціалізованому пасажирському рухомому складу, гальмівний шлях якого забезпечує безпечну зону зближення між сусідніми, які прямують в одному напрямку, поїздами за наявними довжинами блок-ділянок (до 2,6 км).

Дослідження коефіцієнта зйому ниток графіка пасажирськими поїздами на ділянках, обладнаних автоблокуванням наведено в [6] та залежить від довжини блок-ділянок, часу ходу блок-ділянками пасажирських і вантажних поїздів, станційних інтервалів прибуття та відправлення.

Інтервал прибуття поїздів на станцію під час швидкісного руху пасажирських поїздів встановлюється залежно від швидкості проходження пасажирським поїздом міжстанційних перегонів відповідно [9] та становить:

- для швидкості руху до 120 км/год – 6 хв;
- для швидкості руху від 120 до 160 км/год – 20 хв;
- для швидкості руху від 160 до 200 км/год – 30 хв.

Проведені дослідження параметрів коефіцієнта зйому вантажних поїздів довели, що за непакетного проложення пасажирських поїздів його числова характеристика залежить від співвідношення швидкості руху вантажного і пасажирського поїзда та станційних інтервалів під час обгонів. Апроксимацію коефіцієнта зйому зі швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год та звичайною швидкістю руху пасажирських поїздів подано на рис. 1.

З використанням регресивного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для швидкості до 120 км/год (при  $V_{\text{ван}} = 60$  км/год) можна розраховувати за формулою

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,3591 \ln(V_{\text{пас}}) + I_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{доо}}, \quad (6)$$

де  $I_{\text{б/д}}$  – довжина блок-ділянки, км;

$V_{\text{пас}}$  – швидкість руху пасажирського поїзда, км/год (при  $V_{\text{ван}} = 60$  км/год);

$\varepsilon_{\text{доо}}$  – додатковий коефіцієнт зйому,  $\varepsilon_{\text{доо}} = 0,6$ .

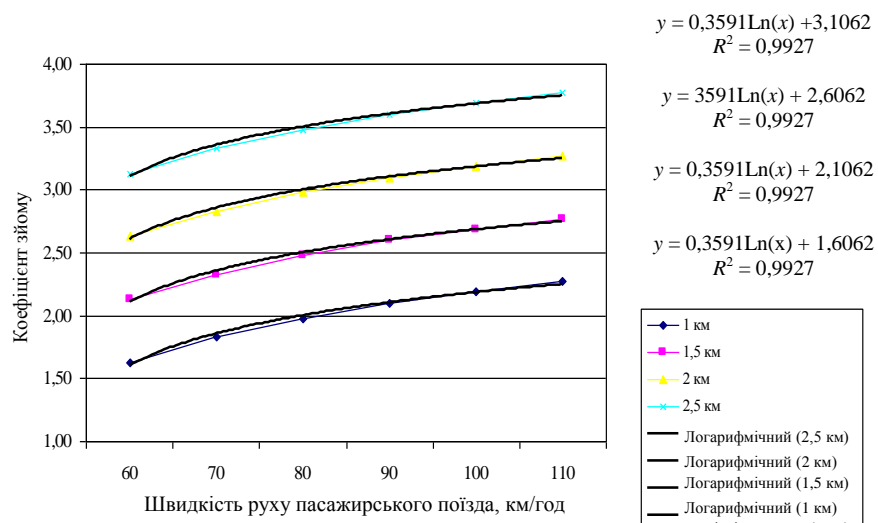


Рис. 1. Апроксимація коефіцієнта зйому зі швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год і звичайною швидкістю руху пасажирських поїздів

Із прискореним рухом пасажирських поїздів (від 120 до 160 км/год) та швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год, довжиною блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км та трьохсекційним автоблокуванням, довжиною міжстанційного перегону 10 км коефіцієнт зйому коливається від 4,5 до 6,1. Апроксимацію коефіцієнта зйому за швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкості руху пасажирських поїздів від 120 до 160 км/год подано на рис. 2.

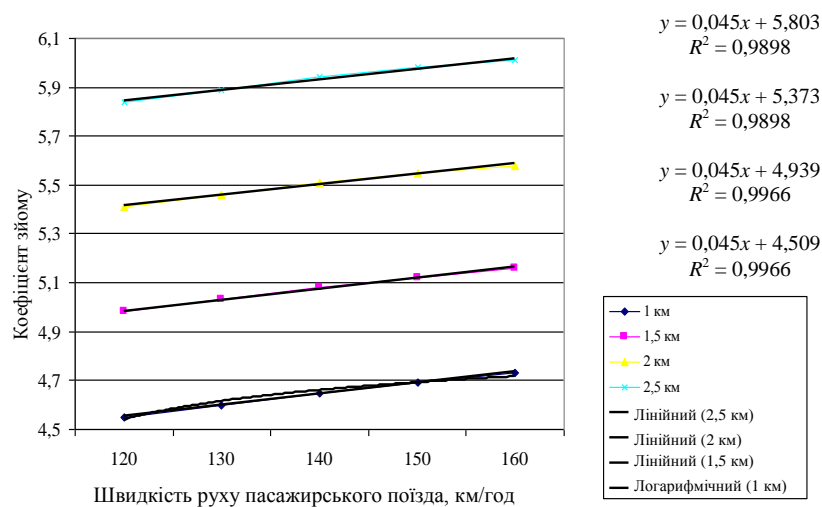


Рис. 2. Апроксимація коефіцієнта зйому за швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкості руху пасажирських поїздів від 120 до 160 км/год

З використанням регресивного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для прискореного руху можна розраховувати за формулою

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,045 \cdot V_{\text{пас}} + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}}, \quad (7)$$

де  $\varepsilon_{\text{дод}}$  – додатковий коефіцієнт зйому,  $\varepsilon_{\text{дод}} = 3,4$ .

Під час швидкісного руху пасажирських поїздів (170 до 200 км/год) зі швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год, довжиною блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км за трьохсекційного автоблокування і довжини міжстанційного перегону 10 км коефіцієнт зйому коливається від 6,15 до 7,65. Апроксимацію коефіцієнта зйому зі швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкістю руху пасажирських поїздів від 120 до 160 км/год подано на рис. 3.

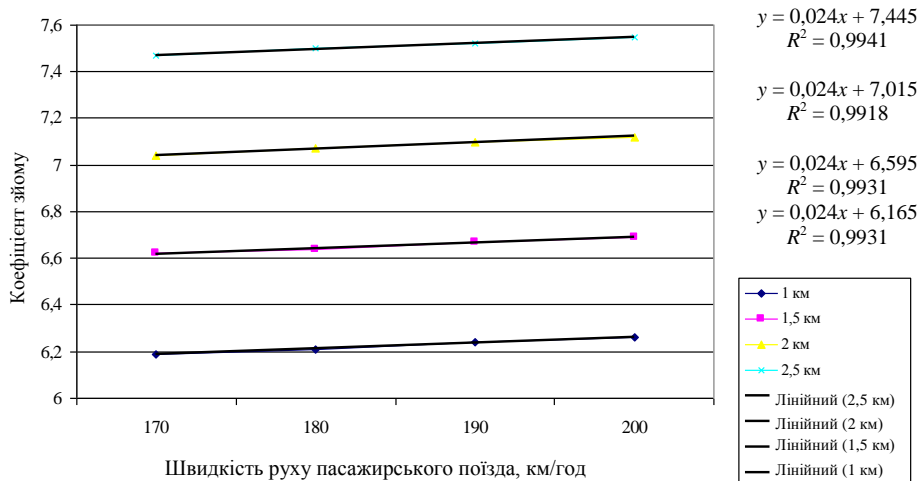


Рис. 3. Апроксимація коефіцієнта зйому зі швидкістю руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкістю руху пасажирських поїздів від 170 до 200 км/год

Проведеними дослідженнями з використанням регресивного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для прискореного руху можна розраховувати за формулою

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,024 \cdot V_{\text{пас}} + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}}, \quad (8)$$

де  $\varepsilon_{\text{дод}}$  – додатковий коефіцієнт зйому,  $\varepsilon_{\text{дод}} = 5,2$ .

Наведені формули розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими можуть бути використані під час розрахунків пропускної спроможності залізничних напрямків.

Слід зазначити, що апроксимація коефіцієнта зйому зі швидкостями вантажного поїзда 60 км/год та пасажирського поїзда від 60 до 110 км/год розраховується за логарифмічним законом розподілення, а за прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів – за лінійною формулою.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Таким чином, можна зробити висновок про доцільність застосування отриманих коефіцієнтів зйому під час розрахунків пропускної спроможності залізничних напрямків за прискореного та швидкісного руху пасажирських поїздів.

Як свідчать дослідження, подальші розвідки у даному напрямку мають бути спрямовані на створення номограм, в яких буде дискретна швидкість не тільки пасажирських, але й вантажних поїздів.

---

#### Список використаних джерел:

1. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036 : наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 23.11.2002 р. № 1026. – К. : Мін-во трансп. та зв'язку України, 2002. – 376 с.
2. Кочнев Ф. П. Организация движения на железнодорожном транспорте / Кочнев Ф. П., Акулиничев В. М., Макарович А. М. – М. : Транспорт, 1979. – 568 с.
3. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу : наказ УЗ від 12.07.2002 № 360-Ц.
4. Бабаєв М. М. Вплив швидкості руху поїздів на вимоги до інформаційного забезпечення локомотивних систем сигнального авторегулювання і пропускної здатності залізничних ліній / М. М. Бабаєв, С. В. Кошевий, А. Є. Зайцев // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 118. – С. 12–21.
5. Лисенков В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов : учеб. для вузов / Лисенков В. М. – М. : ВИНТИ РАН, 1999. – 332 с.
6. Вернигора Р. В. Аналітичний розрахунок коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими в умовах швидкісного руху / Р. В. Вернигора, О. Ю. Папахов, Н. О. Логвінова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 2/3 (62). – С. 51–55.
7. Козаченко Д. М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – С. 144–148.
8. Козаченко Д. М. Дослідження параметрів потоків поїздів на залізничних напрямках / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 5 (45). – С. 17–21.
9. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України: ЦД-0040 [Електронний ресурс] : наказ УЗ від 05.04.2002 № 170-Ц. – К. : Транспорт України, 2002.