

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ НИЖНЬОЇ БУДОВИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Розглянуто проблеми забезпечення якості проектування конструкцій нижньої будови залізничної колії.

Ключові слова: захисний шар, конструкція нижньої будови залізничної колії, дренавання, шар, що стискається

Изложены проблемы обеспечения качества проектирования конструкций нижнего строения железнодорожного пути.

Ключевые слова: защитный слой, конструкция нижнего строения железнодорожного пути, дренавание, сжимаемый слой

Some problems of providing the design quality for rail track substructure are presented.

Keywords: protective layer, rail track substructure, drainage, compressible layer

Як відомо, основою «Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України» (далі - Положення) [1] є поділ колій на категорії залежно від вантажонапруженості і встановлених швидкостей руху поїздів, а також диференціація використання нових і старопридатних матеріалів верхньої будови колії (ВБК) при проведенні ремонтно-колійних робіт залежно від категорії колії. Крім того, «Положення» встановлює умови призначення ремонтно-колійних робіт для колій I–VII категорій. Але всі наведені в документі норми періодичності і додаткові критерії призначення ремонтно-колійних робіт, а також орієнтовні міжремонтні схеми стосуються елементів ВБК та споруд земляного полотна. В «Положенні» відсутні будь-які критерії щодо складу нижньої будови колії (НБК) в залежності від категорії колії. Періодичність між капітальними ремонтами земляного полотна запропоновано встановлювати індивідуально залежно від місцевих умов на підставі інструментальних і візуальних спостережень, натурних, інженерно-геологічних (геофізичних) і гідрогеологічних обстежень, розрахунків міцності та стійкості.

Розрахунки колії на міцність виконуються за «Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» (далі - Правила) [2], але й в цьому документі немає жодної рекомендації стосовно складу НБК. Крім того, єдиний вихідний параметр який характеризує стан НБК при розрахунках колії на міцність (модуль пружності підрейкової основи) не має будь-яких рекомендацій щодо його значення в залежності від характеристик НБК. Щодо критеріїв НБК, то в «Правилах» рекомендовані тільки допустимі

напруження стискання ґрунту на основній площадці земляного полотна в залежності від вантажонапруженості.

Як відомо [3], кожній конструкції колії відповідає діапазон значень модуля пружності $U_{\min} - U_{\max}$, викликаний розкидом значень параметрів і стану елементів колії. Особливістю роботи колії є те, що найбільші напруження в рейках виникають при мінімальних значеннях модуля пружності підрейкової основи, а найбільші напруження в інших елементах колії при максимальних його значеннях. Але при розрахунках колії на міцність використовують одне значення модуля пружності, яке априорі не може задовольнити дві вимоги. Таким чином не можна напевно затверджувати, що отримані значення напружень на основній площадці земляного полотна при розрахунках на міцність будуть максимальними для обраної конструкції і що ця конструкція дійсно буде задовольняти існуючим критеріям.

Що стосується розрахунків земляного полотна на стійкість, то це єдиний розрахунок який дійсно враховує всі характеристики НБК. Але його результати жодним чином не впливають на подальші розрахунки та визначення раціональної конструкції НБК.

Що стосується конструкцій при улаштуванні основної площадки земляного полотна то існують шість типів з можливими варіантами які встановлюються згідно «Правил улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії» (далі – Правила улаштування) [4]. Але в цьому документі відсутні будь-які рекомендації стосовно впливу характеристик і конструкцій

НБК на значення модуля пружності залізничної колії. Крім того всі шість типів конструкцій з можливими варіантами запропоновано укласти при модулі деформації ґрунтів не менше 35 МПа.

На сьогоднішній день дані для прогнозу впливу характеристик і конструкцій НБК на значення модуля деформації земляного полотна та пружності залізничної колії відсутні. Будь-які критерії щодо вибору конструкції НБК відсутні. Методики розрахунку параметрів та характеристик щодо проектування та вибору конструкції НБК відсутні. Таким чином, без зазначених вище нормативів та методик якісна розробка будь-якого проекту щодо конструкції НБК базується тільки на сподіванні щодо досвідченості проєктанта у даному питанні.

Розглянемо питання які стосуються захисного шару НБК. Згідно існуючої нормативної документації, до конструкції захисного шару земляного полотна існують наступні вимоги та рекомендації:

- п. 6.5 [5]. Для забезпечення надійності конструкцій земляного полотна і розширення сфери застосування місцевих ґрунтів слід передбачати:

- ущільнення до нормованої щільності ґрунтів у насипах і, в необхідних випадках, під основною площадкою у виїмках і на нульових місцях (Додаток Б [5]);

- влаштування захисного шару із дренаючих ґрунтів під баластовою призмою;

- застосування геотекстилю (на основній площадці під захисним шаром, при будівництві других колій, у конструкціях укріплення укосів, а також при слабкій основі).

- п. 6.5 [5]. До дренаючого за умовами роботи земляного полотна слід відносити ґрунти, які мають при максимальній щільності за стандартним ущільненням коефіцієнт фільтрації не менше 0,5 м/добу і мають в гранулометричному складі не більше 10 % часток розміром менше 0,1 мм (за [6] це наступні типи ґрунтів: чистий гравій, чисті піски та суміші чистих пісків та гравію). Допускається, за згодою замовника при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні, застосовувати як дренаючий ґрунт піски дрібні і пилюваті з коефіцієнтом фільтрації не менше 0,5 м/добу.

- п. 6.14 [5]. Для земляного полотна із глинистих ґрунтів усіх видів, крім супісків, що містять піщані частки розміром від 2 мм до 0,05 мм у кількості більше 50 % за масою, слід передбачати підсилення конструкції в зоні основної площадки: влаштування під баластною при-

змою захисного шару з дренаючого ґрунту в комбінації з геотекстилем чи без нього. Укладання геотекстилю без захисного шару з дренаючого ґрунту не допускається.

Товщину шару дренаючого ґрунту під баластною призмою встановлюють залежно від виду ґрунту земляного полотна та його стану, з урахуванням глибини промерзання ґрунтів у районі будівництва згідно з розрахунком.

При проектуванні захисних шарів із дренаючого ґрунту без застосування геотекстилю в основі товщина його повинна визначатися розрахунком, але бути не меншою 0,8...1,0 м для суглинків і глин та 0,5...0,7 м для супісків, залежно від кліматичних умов.

Поверхню глинистого ґрунту в основі захисного шару на нових лініях слід планувати двоххилою з ухилом 0,04 від осі полотна в польовий бік; при будівництві других колій планування має бути однохилим з ухилом 0,04 від існуючої колії.

На ділянках примикання захисних шарів до земляного полотна зі скельних та інших дренаючих ґрунтів, а також примикання до штучних споруд для усунення нерівномірності морозного здимання необхідно передбачати сполучення, які забезпечують плавний перехід у поздовжньому напрямку і відповідати нормам поточного утримання колії.

- п. 6.1 [4]. Тип 1-1. Земляне полотно без захисного шару застосовується за умов, коли воно улаштовано з дренаючих незв'язних ґрунтів достатньої несучої здатності, що не допускають морозного здуття, мають модуль деформації не менше 40 МПа.

- п. 6.2 [4]. Тип 1-2. Є модифікацією конструкції нижньої будови колії типу 1-1 розглядається тип 1-2 – варіант, що передбачає застосування геосинтетичних матеріалів для розділення баластового шару та земляного полотна. Ця конструкція рекомендована для земляного полотна з дренаючого ґрунту, представленого супісками або щебеневою сумішшю з модулем деформації 35 МПа.

- п. 7.1...11.2 [4]. У всіх пунктах модуль деформації земполотна не менше ніж 35...50 МПа, захисний шар з модулем деформації 40...80 МПа.

Що стосується товщини захисного шару, то рекомендації п.6.14 [5] не мають чітких положень до застосування в будь-яких випадках. Тому існує необхідність в уточненні даних щодо умов використання захисного шару та методик розрахунку його характеристик та парамет-

рів, які залежать від загальних вимог до конструкції НБК.

Таким чином, питання щодо жорсткості конструкції колії, а насамперед земляного полотна, у зв'язку появи робіт із втручанням або перебудуванням конструкції НБК, виходить з рамок суто наукової проблеми.

Всі положення та рекомендації стосовно жорсткості колії були наведені автором у роботах [7, 8]. А вплив застосування вказаних пропозицій наведено у роботі [9].

Крім зазначеної проблеми, при проектуванні будь-яких конструкцій НБК, що відрізнятимуться після проведення реконструкції або модернізації колії, необхідно звернути увагу на зміну такої величини, як глибини товщі земляного полотна, що стискається при навантаженні H_c .

Зазвичай вважають, що коливання від рухомого складу затихатимуть на глибині приблизно 3 м. І тому автоматично всі питання щодо товщини змін у тілі земляного полотна поєднують з цією величиною. Але навіть при пружній роботі конструкції НБК ця величина значно більша: вона враховує не тільки вплив рухомого складу, але й вагу ВБК та роботу по переробці навантажень самого ґрунту.

Розрахункова схема осідання, що використовується для визначення сумісної деформації основи, рухомого складу і конструкції ВБК приймається як полу простір, який лінійно деформується з умовним обмеженням глибини товщі, що стискається H_c .

Нижня границя товщі, що стискається, H_c дорівнює:

- при модулі деформації ґрунту $E \geq 5$ МПа глибині, глибині z , де сума напружень від впливу рухомого складу та ваги ВБК складає 20% від напружень самого ґрунту $\sigma_{II} + \sigma_{BC} = 0,2\sigma_{\gamma}$;

- при $E < 5$ МПа, або такий шар знаходиться безпосередньо нижче глибини z - глибині, де $\sigma_{II} + \sigma_{BC} = 0,1\sigma_{\gamma}$.

Якщо в межах товщі, що стискається, H_c є шар, який стискається мало (із $E \geq 100$ МПа) та товщина цього шару h_1 задовольняє виразу

$$h_1 \geq H_c \left(1 - \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}} \right), \quad (1)$$

тоді товщина сумісної деформації основи H_c та споруди дорівнює глибині до кривлі цього шару, що мало стискається.

Якщо в межах товщі, що стискається, H_c знаходяться шари з $10 \leq E < 100$ МПа, $b \geq 10$ м, тоді товщина сумісної деформації основи, рухомого складу і конструкції ВБК дорівнює:

$$H_c = (H_0 + \psi b) \cdot \kappa_p, \quad (2)$$

де H_0 та ψ - приймаються відповідно для основ, що складаються пилювато глинистими ґрунтами 9 м та 0,15, піщаними ґрунтами – 6 м та 0,1;

b - ширина шару, що опирається на земляне полотно (ширина підошви баластної призми);

κ_p - коефіцієнт, що приймають 0,8 при тиску на основній площадці 100 кПа, та 1,2 - 500 кПа (допускається інтерполяція).

Окрім розрахункових осідань, слід додатково враховувати різницю осідань, що визначаються за абсолютними осіданнями, які вимірюються в межах впливу навантаження не менш ніж у трьох точках. Різниця осідання залежить від ступеню зміни стискання ґрунтів основи (відношення модулів стискання $\frac{E_{\max}}{E_{\min}}$).

Ґрунти основи вважаються однорідними, якщо виконана одна з вимог:

1) $E_{\min} \geq 20$ МПа;

2) $\frac{E_{\max}}{E_{\min}} = 1,8 \dots 2,5$ при $E_{\min} = 15 \dots 20$ МПа;

3) $\frac{E_{\max}}{E_{\min}} = 1,3 \dots 1,6$ при $E_{\min} = 7,5 \dots 15$ МПа.

При такому співвідношенні модулів пружності осідання ґрунтів основи в окремих точках мало відрізняються за величиною.

Крім перевірки вищенаведених величин, необхідно з'ясувати, як впливає зміна товщини H_c нової конструкції НБК на режим вологості.

Таким чином, для можливості застосування конструкцій НБК, наведених у «Правилах улаштування», необхідно розробити методи та методики визначення жорсткості земляного полотна і залізничної колії та проектування конструкцій земляного полотна.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [Текст] / ЦП-0113 від 10.08.2004, № 630-ЦЗ. – К., 2004. – 32 с.
2. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст] / ЦП-0117 від 13.12.2004, № 960-ЦЗ. – К., 2004. – С. 170.
3. Татуревич, А. П. Результаты определения фактических значений жесткости пути для иссле-

- дований взаємодіявання пути и подвижного состава [Текст] / А. П. Татуревич // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2003. – Вип. 2. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2003. – С. 95-100.
4. Правила улаштування основної площадки земляного полотна при виконанні капітального ремонту та модернізації колії [Текст] / ЦП-0204 від 25.12.2008, № 557-ЦЗ. – К., 2009. – С. 44.
 5. ДБН В.2.3-12:2006. Споруди транспорту залізничної колії 1520 мм [Текст]. – К., 2006. – 151 с.
 6. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація [Текст]: Наказ Держкоммістобудування України № 189 від 01.11.96. – К., 1997. – С. 52.
 7. Бондаренко, І. А. К вопросу о повышении качественной оценки работоспособности железнодорожного пути [Текст] / И. А. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 47-51.
 8. Бондаренко, І. А. Предложения по оценке деформативности железнодорожного пути [Текст] / И. А. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 23. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 117-122.
 9. Бондаренко, І. О. Вплив стану залізничної ділянки і структури поїздопотоку на життєвий цикл колії [Текст] / І. О. Бондаренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 19. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 78-83.

Надійшла до редколегії 25.10.2010.

Прийнята до друку 27.10.2010.