

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»  
(назва факультету/ІНЦ)

«Транспортна інфраструктура»  
(повна назва кафедри)

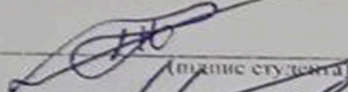
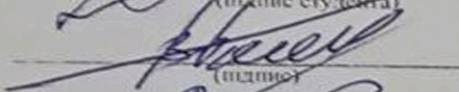
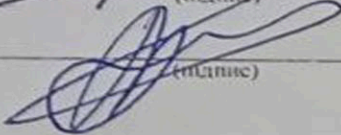
Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
ОС «бакалавр»  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Капітальний ремонт ділянки колії з розрахунком стійкості насипу  
за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство»  
зі спеціальності: 192 Залізничний транспорт  
(цифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: КГ1912

Керівник:

Нормоконтролер:

  
(підпис студента)  
  
(підпис)  
  
(підпис)

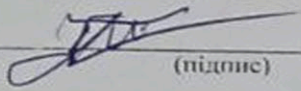
/ /Данило ТРИГУБЕНКО/  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ доцент Володимир АНДРЕЄВ /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

  
(підпис)

Дніпро – 2023 рік

## ЗАЯВА

Я, Тришубенко Ірина Русланівна  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи КГ 1912 Факультету «БАІ»»

спеціальності 273 «Залізничний транспорт»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Залізничні споруди та колійне господарство»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня бакалавр

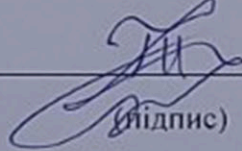
(бакалавр, магістр)

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

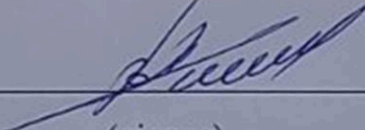
Капітальні ресурси ринку  
колії з розрахунком стійкості  
масини

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання. Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений(а) з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Студент(ка)  Тришубенко І. Р.  
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Дата

Керівник ВКР  Розенко Андрійович  
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

**Building, architecture and infrastructure**

---

(faculty/TRC)

**Transport infrastructure**

---

(department)

**Explanatory Note**  
**to Master's Thesis**  
**bachelor**  
(higher education degree)

on the topic: Overhaul of the track section with calculation of embankment stability

according to educational curriculum Railway constructions and track management  
in the Specialization: 273 Railway transport

(Specialization and its code )

Done by the student of the group: KГ1912     // Danylo TRYHUBENKO  
(name, surname)

Scientific Supervisor:     / docent Volodymyr ANDRIEIEV /  
(position, name, surname)

Normative controller :     / Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /  
(position, name, surname)

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

Рівень вищої освіти: «Бакалавр»

Освітня програма: «Залізничні споруди та колійне господарство»

Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»

(шифр та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»

\_\_\_\_\_ **Олексій**

ТЮТЬКІН

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата \_\_\_\_\_

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

студенту \_\_\_\_\_

Тригубенку Данилі Руслановичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Капітальний ремонт ділянки колії з розрахунком стійкості насипу»

Керівник роботи: Андрєєв Володимир Сергійович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

01 березня 2023 р.

№ 195ст

2. Строк подання студентом роботи: «19» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Характеристика ділянки колії, висота насипу, характеристики ґрунту насипу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ. Розділ 1. Аналіз ділянки колії. Розділ 2. Розрахунки стійкості насипу.

Розділ 3 Розробка проекту капітального ремонту колії.. Розділ 4. Вимоги безпеки праці під час виконання робіт по заміні рейко-шпальної решітки.

Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Презентація за матеріалами досліджень, викладених в дипломній роботі (PowerPoint, 5-6 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи:

| Розділ     | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Завдання видав:<br>(підпис консультанта,<br>дата) | Завдання прийняв:<br>(підпис студента, дата) |
|------------|---|---|--|
| Розділ 1-4 | Доцент Андрєєв<br>В.С.                    |   |  |

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи   | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1     | Вступ. Розділ 1.  | 24.04.2023                    |          |
| 2     | Розділ 2.   | 29.05.2023                    |          |
| 3     | Розділ 3. Розділ 4  | 10.06.2023                    |          |
| 4     | Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку. | 12.06.2023 –<br>16.06.2023    |          |
| 5     | Подання кваліфікаційної роботи до кафедри   | 25.06.2023                    |          |
| 6     | Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії   | 29.06.2023                    |          |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Данило ТРИГУБЕНКО

\_\_\_\_\_

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Володимир АНДРЕЄВ

\_\_\_\_\_

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту має 46 с., 3 рис., 2 табл., 1 додаток

**Тема:** «Капітальний ремонт ділянки колії з розрахунком стійкості насипу»

В проекті проаналізовано технічний стан ділянки колії. Розроблено два варіанти капітального ремонту колії з використання колійної техніки. Розраховано коефіцієнт стійкості укосу насипу. Пророблені питання охорони праці.

***Ключові слова: ВЕРХНЯ БУДОВА КОЛІЇ, НАСИП, УКОС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОСНОВНІ РОБОТИ, ЛАНЦЮЖОК МАШИН, ОХОРОНА ПРАЦІ.***

## ЗМІСТ

|   | стор. |
|---|-------|
| <b>ВСТУП</b>  | 7     |
| <b>1 АНАЛІЗ ТЕХІЧОГО СТАНУ ДІЛЯНКИ КОЛІЇ ТА ВИБІР<br/>КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ</b> | 8     |
| <b>2 РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ УКОСУ НАСИПУ</b>  | 10    |
| <b>3 ПРОЕКТ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З КАПІТАЛЬНОГО<br/>РЕМОНТУ КОЛІЇ</b>                          | 24    |
| 3.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ  | 24    |
| 3.2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ КОЛІЇ   | 25    |
| <b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ<br/>СИТУАЦІЯХ</b>                              | 35    |
| <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>  | 42    |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>   | 43    |
| <b>ДОДАТОК А</b>  | 45    |

## ВСТУП

Залізничний транспорт один із розвинених галузей у нашій країні.

Невід'ємною частиною залізничного транспорту являється колійне господарство.

Колія по своїй несучій здатності та стану повинна забезпечувати безпечний та плавний рух поїздів з найбільшими конструкційними швидкостями локомотивів і вагонів таких типів, які потрібні по сучасним умовам для перевезення пасажирів та освоєння заданої вантажонапруженості.

Відмінний стан колії головним чином залежить від систематичного виконання робіт по поточному утриманню колії і проведенню ремонтних робіт з певною періодичністю.

Метою даної є розробка проекту капітального ремонту колії з проведенням аналізу фактичного стану ділянки залізничної колії, призначенням комплексу ремонтних робіт, На основі вибраної конструкції верхньої будови колії розробляється технологічний процес виконання капітального ремонту.

# 1 АНАЛІЗ ТЕХІЧОГО СТАНУ ДІЛЯНКИ КОЛІЇ ТА ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ

Колії поділяються на категорії залежно від вантажонапруженості та максимальної встановленої швидкості руху поїздів відповідно ДСТУ, щоб визначити категорії колії, величину вантажонапруженості потрібно прийняти як середню за останні три роки, але не менше ніж досягнуту за останній рік. Максимальну встановлену швидкість потрібно прийняти без урахування обмежень на окремих бар'єрних місцях та обмежень, призначених залежно від технічного стану колії і штучних споруд на ділянці.

Безперервна довжина коли відповідної категорії не повинна бути меншою за довжину ділянки руху поїздів з однаковою вантажонапруженістю та максимальною встановленою швидкістю руху пасажирських або вантажних поїздів, без урахування окремих кілометрів і місць, на яких її зменшено через криві ділянки колії, або залежно від технічного стану колії чи штучних споруд, або з інших причин.

Ділянка перегону двоколійна, має електрифікацію та обладнана системою автоблокування. Вантажонапруженість складає 16 млн. т км бр/км за рік. Рух пасажирський та вантажний, число пар поїздів – 5 шт/добу.

Довжина колії, що розглядається, складає 9 км.

1. Характеристика колії до ремонту:

Стан залізничної колії:

- рейки типу Р65;
- довжина рейок: пліті та 25 м;
- скріплення типу КПП-5, Д0;
- шпали залізобетонні та дерев'яні;
- епюра шпал 1840 шт/км на прямих, і 2000 шт/км в кривих ділянках;
- баласт щебеневий, засмічений на 30 %;
- товщина баластного шару 40/20 см.
- кювети, лотки й нагірні канави засмічені;

## 2. Характеристика колії після ремонту:

- рейки типу Р65;
- довжина рейок: пліті до 800 м;
- скріплення типу КПП-5;
- шпали залізобетонні;
- епюра шпал 1840 шт/км на прямих, і 2000 шт/км в кривих ділянках;
- баласт щебневий,
- товщина баластного шару 30/20 см.

## 2 РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ УКОСУ НАСИПУ

### Вихідні дані:

|  |           |
|--|-----------|
| Поперечний ухил місцевості   | 1/18      |
| Кількість колій на насипу  | 2         |
| Питома вага скелету ґрунту,кН/м <sup>3</sup>                             | 27        |
| Тип підрейкових опор   | З/Б шпали |
| Питома вага ґрунту основи (при вологості 20%)                            | 19,2      |
| Середній ухил кривої депресії у насипу                                   | 0,07      |
| Вологість ґрунту насипу,%  | 21        |
| Висота насипу по вісі,м  | 18,5      |
| Кут внутрішнього тертя ґрунту насипу в стані природної вологості,град,хв | 29,0      |
| Кут внутрішнього тертя ґрунту насипу,град,хв.                            | 30,0      |
| Питоме зчеплення ґрунту насипу,Кн/м <sup>3</sup>                         | 15,2      |
| Питоме зчеплення ґрунту основи насипу,кН/м <sup>3</sup>                  | 17,2      |
| Горизонт високих вод відносно основи насипу по його осі,м                | +4,5      |

Насип залізничної колії будується з ґрунту, який складається з трьох частин:

- часточки ґрунту;
- вода(зв'язна, капілярна, у вигляді пари та інші);
- повітря.

До ґрунту насипу пред'являються вимоги забезпечення сталості геометричної форми й розмірів при роботі під навантаженням. З цієї вимоги слідує, що при дії на ґрунт усіх видів навантаження допустимі лише його пружні деформації.

Приведення ґрунту з розпушеного стану в щільний, здійснюється ущільненням. Розділяють три стадії ущільнення ґрунту:

1) Пружна стадія, за якої проходить пружний стиск ґрунту. На цій стадії ущільнення проходить за рахунок розчинення у воді бульбашок газу, концентрації бульбашок пари у порах, а також за рахунок пружного стиску скелета ґрунту. Ця стадія ущільнення супроводжується виведенням з ґрунту повітря і називається компресією ґрунту.

2) Фільтраційна стадія, за якої степінь ущільнення ґрунту визначається швидкістю (відносно переміщення частинок його скелету) вижимання води з його пор. ця стадія називається консолідацією ( або первинною консолідацією).

3) Вторинна консолідація – коли степінь ущільнення ґрунту визначається швидкістю водного переміщення частинок його скелета і протікаючи у формі в'язко-пластичного зсуву.

При будівництві насипу залізничних ліній в звичайних умовах можлива перша стадія ущільнення (компресія). Належним ущільненням ґрунту можна досягнути того, щоб насип не давав недопустимих залишкових деформацій працював практично в пружній стадії, мав при необхідності додатній опір проникненню води у ґрунт і такий опір зсуву, щоб вартість влаштування насипу потрібної якості з необхідним захистом і укріпленням була мінімальною.

Потрібна щільність ґрунту не повинна зменшуватись з часом, для чого при необхідності треба приймати належні міри.

Для виконання розрахунків необхідно провести випробування ґрунту на щільність – отримати компресійну криву. Фільтраційна стадія ущільнення ґрунту потребує багато часу для віджимання води. Зважаючи на малу значимість, для звичайних умов спорудження насипів, ця стадія в розрахунок не враховується. Однак, якщо будівництво насипів ведеться з перезвожених ґрунтів, врахування фільтраційної стадії необхідно. Третя стадія ущільнення (вторинна консолідація) враховується для насипів споруджених на болотах.

Визначення ступені ущільнення ґрунту складає важливу техніко-економічну задачу, що визначає надійність роботи насипу і економічність її спорудження.

Швидкість компресії та консолідації залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунту і зовнішніх впливів. Насип, що тривало експлуатується щільність ґрунту знаходиться у рівновазі з навантаженням на ґрунт. При зміні навантаження, наприклад, з підвищенням осьового навантаження екіпажів, рівновага може порушитись і процес ущільнення продовжитись. В зв'язку з цим, для запобігання наступної деформації насипу, розрахунок на ущільнення ведуть для перспективного поїзного навантаження.

Метою цього розрахунку є визначення необхідного ущільнення ґрунту у заданих точках, при якій будуть виникати лише пружні деформації насипу. Для спорудження насипу необхідно знати розрахункові значення щільності ґрунту для всіх відсипаємих шарів. Ці значення щільності визначаються за допомогою графіку, який ілюструє результати розрахунку. Визначивши необхідну щільність  $\rho_i$  або питому вагу ґрунту  $\gamma_i$  на висоті  $h_i$ , в період будівництва по шару ґрунту пропускають ущільнюючу техніку до досягнення заданої щільності. Після цього роблять відсипку наступного шару.

В кожному шарі розрахункова щільність ґрунту по ширині насипу не постійна. По висі насипу вона більше і зменшується до країв кожного відсипаного шару. Але на практиці щільність ґрунту кожного відсипаємого шару забезпечують постійною, роблячи його тим самим деяке переущільнення. З метою виявлення кожної зміни щільності ґрунту по ширині відсипаємих шарів, розрахунок на ущільнення ведуть не тільки по осі насипу, але й в інших характерних точках.

Необхідна щільність  $\rho$  або питома вага ґрунту  $\gamma$ , які забезпечують її роботу за час експлуатації в пружній стадії, визначаються розрахунком з урахуванням природної вологості ґрунту  $W$  з формул:

$$\rho = \rho_d(1+W) ; \gamma = \gamma_d(1+W)$$

де  $\rho_d$  і  $\gamma_d$  – щільність і питома вага сухого ґрунту.

В свою чергу:

$$\rho_d = \frac{\rho_s}{1 + e_0}; \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + e_0}$$

де  $\rho_s, \gamma_s$  – щільність і питома вага скелету насипу;

$e_0$  – розрахунковий коефіцієнт пористості ґрунту, який представляє собою відношення об'єму твердих частинок ґрунту. Розрахунковий коефіцієнт пористості характеризує необхідну щільність ґрунту для розрахункової точки і визначається виразом :

$$e_{oi} = e_{ani} - k_e(\Delta e_{ai} - \Delta e_{oi}),$$

де  $e_{ani}, \Delta e_{ai}$  – початкові коефіцієнти пористості і його зменшення, яке відповідає напруженням в розрахунковій точці від постійного діючого навантаження;

$\Delta e_{oi}$  – зменшення коефіцієнта пористості, яке відповідає повному напруженню ( $\sigma_{oi}$ ) в розрахунковій точці.

$k_e$  – коефіцієнт багатократності прикладання навантаження:

$$k_e = \frac{1}{1 - \mu},$$

де  $\mu$  – коефіцієнт враховуючий інтенсивність зміни коефіцієнта пористості.

$$\sigma_{ai} = \sigma_{vci} + \sigma_{pi}$$

$$\sigma_{ai} = \sigma_{vci} + \sigma_{pi}$$

де  $\sigma_{vci}, \sigma_{pi}$  – напруження в  $i$ -й точці насипу від дії верхньої будови колії і поїзного навантаження, які визначаються як від смугових рівномірно розміщених навантажень шириною відносно  $b_i, l_i$  інтенсивністю  $p_{vc}$  та  $p_p$  з виразів:

$$\sigma_{vci} = -p_{vc} I\left(\frac{Z_i}{b}, \frac{Y_i}{b}\right)$$

$$\sigma_{pi} = -p_p I\left(\frac{Z_i}{l}, \frac{Y_i}{l}\right)$$

де  $I(\frac{Z_i}{b}, \frac{Y_i}{b})$ ,  $I(\frac{Z_i}{l}, \frac{Y_i}{l})$  - доля напружень в і-й точці насипу від інтенсивності початкового навантаження  $p_{вс}$  і  $p_p$ , яка визначається в залежності від її координат  $Z_i$  і  $Y_i$  при розміщенні центра координат по середині смугового навантаження.

Інтенсивність навантаження від верхньої будови колії  $p_{вс}=15,4\text{кПа}$  і середня ширина баластної призми  $b=8,70$  м (з таблиці «Характеристика навантаження основної площадки земляного полотна від верхньої будови колії»).

Інтенсивність поїзного навантаження приймається рівна навантаженню від перспективного рухомого складу  $p_p=160\text{кПа}$ .

Напруження від власної ваги ґрунту в і-й точці знаходиться за формулою:

$$\sigma_{\gamma_i} = -\frac{h_i}{n} \sum_{\gamma=1}^{\gamma-1} \gamma = -h_i \cdot \gamma_{ср},$$

де  $h_i$  – товщина шару ґрунту над і-ю точкою;

$n$  – кількість шарів ґрунту;

$\gamma_{ср}$  – середня питома вага ґрунту над розрахунковою точкою.

Так як питому вагу ґрунту над розрахунковою точкою не можна знайти, не задаючись питомою вагою ґрунту в розрахунковій точці, то її знаходять способом послідовних наближень. При цьому розрахунок вважається закінченим, якщо отримане значення питомої ваги ґрунту  $\gamma'_i$  відрізняється від заданого  $\gamma_i$  не більше, ніж на  $0,05 \text{ кН/м}^3$ , тобто:

$$|\gamma_i - \gamma'_i| \leq 0.05 \text{ кН/м}^3$$

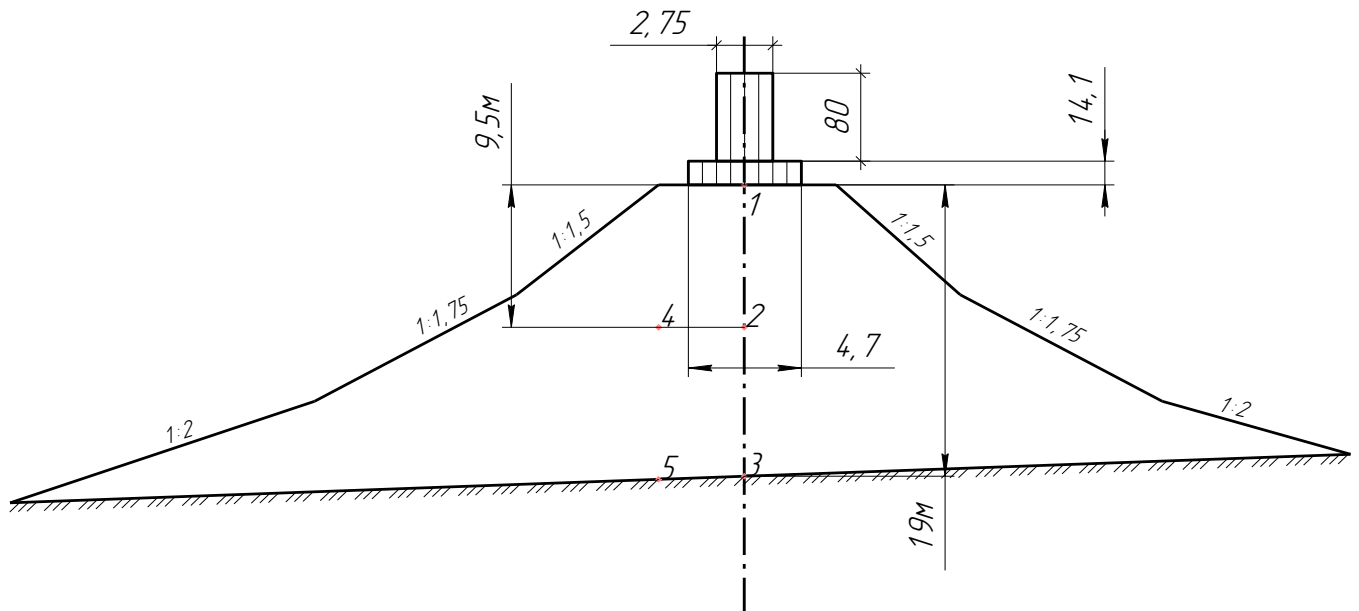


Рисунок 2.1 - Вид насипу при даних розрахункових даних

В точці 1 ( $Z=0$ ;  $Y=2,05$ ) доля поїзних напружень  $I_{p1}=1$

Доля напружень від ваги верхньої будови колії  $I_{вс1}=1$

Тоді :

$$\sigma_{p1} = p_p \cdot I_{p1} = 160 \cdot 1 = 160 \text{ кПа} ;$$

$$\sigma_{вс1} = p_{вс} \cdot I_{вс1} = 16,4 \cdot 1 = 16,4 \text{ кПа} ;$$

$$\sigma_{o1} = \sigma_a + \sigma_p = 160 + 16,4 = 176,4 \text{ кПа} ;$$

За допомогою компресійної кривої (рис 1) знаходимо:

При  $\sigma_{a1}=16,4 \text{ кПа}$

$$e_{an}=0,762$$

$$e_{ак}=0,687$$

При  $\sigma_{o1}=176,4 \text{ кПа}$

$$e_{on}=0,707$$

$$e_{ок}=0,665$$

Знайдемо:

$$\Delta e_{a1}=e_{an}-e_{ак}=0,075$$

$$\Delta e_{o1}=e_{on}-e_{ок}=0,042$$

Коефіцієнт пористості в точці 1 знаходимо за формулою (3) при

$$k_e = \frac{1}{1-\mu} = \frac{1}{1-0,71} = 1,408 :$$

$$e_{o1} = e_{am1} - k_e(\Delta e_{a1} - \Delta e_{o1}) = 0,762 - 1,408(0,075 - 0,042) = 0,716 ;$$

Необхідна вага сухого ґрунту  $\gamma_{d1}$  в точці 1 знаходимо за формулою (2)

$$\gamma_{d1} = \frac{\gamma_s}{1 + e_{o1}} = \frac{27}{1 + 0,716} = 15,734 \text{ кН/м}^3 ;$$

Питома вага ґрунту в точці 1 з природною вологістю  $W$  знайдемо за формулою (1):

$$\gamma_1 = \lambda_{d1}(1 + W) = 15,734 \times (1 + 0,21) = 19,038 \text{ кН/м}^3$$

Точка 2, яка знаходиться по середині висоти насипу.

$$(Z=9,25; Y=0); h_2=6,75\text{м}$$

$$I_{p2} = f\left(\frac{9,25}{2,7}, \frac{0}{1,7}\right) = f(3,43; 0,759)$$

За допомогою інтерполяції знаходимо  $I_{p2}=0,178$

$$\sigma_{p2} = 2 * 15,08 = 32,08 \text{кПа}$$

Аналогічним способом знаходимо  $I_{bc2}$

$$I_{bc2} = f\left(\frac{9,25}{8,7}, \frac{2,05}{8,7}\right) = f(1,06; 0,236)$$

За допомогою інтерполяції знаходимо  $I_{bc2}=0,498$

$$\sigma_{bc2} = 16,4 \cdot 0,498 = 8,167 \text{кПа}$$

Задаємось збільшеною в порівнянні з точкою 1, питомою вагою ґрунту для точки 2.

$$\gamma'_2 = \gamma_1 + \Delta\gamma = 19 + 0,2 = 19,2 \text{кН/м}^3$$

Розрахуємо постійно діюче напруження:

$$\sigma_{\gamma2} = \frac{\gamma_1 + \gamma'}{2} \cdot \frac{h}{2} = \frac{19,2 + 19,038}{2} \cdot 9,25 = 176,851 \text{кПа}$$

$$\sigma_{a2} = \sigma_{bc2} + \sigma_{\gamma2} = 8,167 + 176,851 = 210,098 \text{кПа}$$

$$\sigma_{o2} = \sigma_{a2} + \sigma_{p2} = 144,2 + 32,08 = 176,28 \text{кПа}$$

При  $\sigma_{a2}=185,018$  кПа

$$e_{an}=0,696$$

$$e_{ак}=0,601$$

При  $\sigma_{o2}= 217,098$  кПа

$$e_{on}=0,687$$

$$e_{ок}=0,657$$

Знайдемо:

$$\Delta e_{a2}=0,035$$

$$\Delta e_{o2}=0,032$$

Коефіцієнт пористості в точці 2 буде дорівнювати:

$$e_{o2} = 0,696 - 1,408(0,035 - 0,03) = 0,689 ;$$

Питома вага скелету ґрунту:

$$\gamma_{d2} = \frac{27}{1,691} = 15,986 \text{кН} / \text{м}^3$$

Питома вага ґрунту в стані природної вологості:

$$\gamma_{d2}' = 15,939 * 1,21 = 19,34 \text{кН} / \text{м}^3$$

Перевіримо допустимість різниці між розрахунковим і взятим значенням питомої ваги ґрунту за формулою (10):

$$|19,34 - 19,2| = 0,14 > 0,05$$

Умова не виконується.

Приймаємо

$$\gamma_2' = 19,34 \text{кН/м}^3$$

Розрахуємо постійно діюче напруження:

$$\sigma_{\gamma2} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2'}{2} \cdot \frac{h}{2} = \frac{19,34 + 19,04}{2} \cdot 9,25 = 177,51 \text{кПа}$$

$$\sigma_{a2} = \sigma_{вс2} + \sigma_{\gamma2} = 185,675 \text{кПа}$$

$$\sigma_{o2} = \sigma_{a2} + \sigma_{p2} = 217,75 \text{кПа}$$

При  $\sigma_{a2}=185,675$  кПа

$$e_{an}=0,696$$

$$e_{ак}=0,661$$

При  $\sigma_{o2}= 217,75$  кПа

$$e_{он}=0,687$$

$$e_{ок}=0,657$$

Знайдемо:

$$\Delta e_{a2}=0,035$$

$$\Delta e_{o2}=0,03$$

Коефіцієнт пористості в точці 2 буде дорівнювати:

$$e_{o2} = 0,696 - 1,408(0,035 - 0,03) = 0,689 ;$$

Питома вага скелету ґрунту:

$$\gamma_{d2} = \frac{27}{1 + 0,689} = 15,986 \text{кН} / \text{м}^3$$

Питома вага ґрунту в стані природної вологості:

$$\gamma_{d2}' = 15,986(1 + 0,23) = 19,34 \text{кН} / \text{м}^3$$

Перевіримо допустимість різниці між розрахунковим і взятим значенням питомої ваги ґрунту за формулою (10):

$$|19,34 - 19,34| = 0,00 < 0,05$$

Умова виконується.

Тіло земляного полотна знаходиться у напруженому стані, зумовленому впливом зовнішніх сил і власною вагою ґрунту. Коли зсуваючі напруження у ґрунті перевищують певну границю, можуть виникнути залишкові деформації. Тому при проектуванні високих насипів їх укоси перевіряють на стійкість.

Будемо використовувати графоаналітичний метод, згідно з яким передбачаються, що зсув укосу насипу при втраті стійкості відбувається по кругло циліндричній поверхні, .

Методика побудови кривих можливого зміщення складається з наступного: ці криві проходять через підшву укосу і характерні точки на поверхні земляного полотна. Напруження, які діють на основну площадку земляного полотна, замінюємо дією фіктивних стовпчиками ґрунту. Ширину стовпчика, який замінює навантаження від верхньої будови колії приймаємо рівній середній ширині баластної призми (8,7 м), а від рухомого складу – довжині шпали (2,75 м). Висоту цих стовпчиків знаходимо за формулами:

$$h_{\text{вбк}} = \frac{P_{\text{ааа}}}{\gamma_{\text{н\delta}}} = \frac{16,4}{19,39} = 0,846 \text{ м} \quad (2.1)$$

$$h_{\text{р}} = \frac{P_{\delta}}{\gamma_{\text{н\delta}}} = \frac{80}{19,39} = 4,125 \text{ м} \quad (2.2)$$

де  $\gamma_{\text{ср}}$ - середня питома вага ґрунту насипу;

$P_{\text{вбк}}$  і  $P_{\text{р}}$  – інтенсивність навантаження від верхньої будови колії рухомого складу.

$$P_{\text{вбк}} = 16,4 \text{ кН/м}^2;$$

$$P_{\text{р}} = 80 \text{ кН/м}^2.$$

Для побудови кривих можливого зміщення укосу необхідно визначити положення лінії їх центрів. Її проводять з найближчої вершини укосу під кутом  $36^\circ$  до горизонту. Після побудови кривої сповзаючий масив розбиваємо на відсіки по характерним точкам.

Стійкість укосу насипу оцінюємо коефіцієнтом стійкості  $k$ , що являє собою відношення моментів сил, утримуючих укіс від зміщення, до сили моментів зсуваючи сил.

При визначенні коефіцієнта стійкості насипу, розглянемо три варіанти положення кривої можливого зміщення, і за розрахунковий приймаємо той, при якому коефіцієнт стійкості найменший. Крива, яка відповідає  $k_{\min}$  називається критичною кривою.

На практиці коефіцієнт стійкості насипу розраховується як відношення сум вказаних сил. Розрахункова формула має вигляд:

$$k = \frac{\sum F_i + \sum C_i + \sum T_{\text{випр}}}{\sum T_{\text{ізсув}} + D_0}, \quad (2.3)$$

де  $F$ - сила тертя:  $F = f \cdot Q \cdot \cos \alpha$ ;

$f$  – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту:  $f = \text{tg} \varphi$ ;  $\varphi$ - кут внутрішнього тертя ґрунту.

$\alpha$  - кут між напрямком сили тяжіння її нормальною складовою. Його знаходять з виразу:  $\sin \alpha = \frac{x}{R}$

$R$  – радіус кривої можливого зміщення укосу.

$x$  - відстань між центром відсіку і вертикальним радіусом. Сила тяжіння відсіку, її нормальна і тангенціальні складові можуть бути знайдені з виразів:

$$Q_i = \gamma' \omega' + \gamma'' \omega'' + \gamma''' \omega''' ; \quad (2.4)$$

$$N_i = Q_i \cos \alpha_i ; \quad (2.5)$$

$$T_i = Q_i \sin \alpha_i , \quad (2.6)$$

де  $\gamma'$  - питома вага ґрунту у стані природної вологості:

$$\gamma' = \gamma_{\text{ср}} = 19,68 \text{ кН/м}^3;$$

$\gamma''$  - питома вага ґрунту в зоні суцільного водонасичення:

$$\gamma'' = \frac{\gamma' + \gamma_e}{1 + e_0}; \quad (2.7)$$

$\gamma_e$  - питома вага води:  $\gamma_e = 10 \text{ кН/м}^3$ ;

$e_0$  - коефіцієнт пористості ґрунту:  $e_0 = 0,535$

$$\gamma'' = \frac{19,39 + 10}{1 + 0,685} = 17,442 \text{ кН/м}^3$$

$\gamma'''$  - питома вага основи насипу:

$$\gamma''' = \frac{\gamma' + \gamma_e}{1 + e_{осн}}; \quad (2.8)$$

$e_{осн}$  - коефіцієнт пористості ґрунту основи насипу:

$$e_{осн} = \frac{\gamma_s}{\gamma_d^{осн}} - 1; \quad (2.9)$$

$\gamma_d^{осн}$  - питома вага скелету ґрунту насипу:

$$\gamma_d^{осн} = \frac{\gamma_{осн}}{1 + W_{осн}}; \quad (2.10)$$

$\gamma_{осн}$  – питома вага ґрунту основи насипу у стані природної вологості:

$$\gamma_{осн} = 19,2 \text{ кН/м}^3$$

$W_{осн}$  – вологість ґрунту основи насипу у долях одиниці:

$$W_{осн} = 0,21$$

$$\gamma_d^{осн} = \frac{19,2}{1 + 0,21} = 15,868 \text{ кН/м}^3$$

$$e_{осн} = \frac{27}{15,868} - 1 = 0,702$$

$$\gamma''' = \frac{27 + 10}{1 + 0,702} = 15,276 \text{ кН/м}^3.$$

$\omega', \omega'', \omega'''$  - площі частинок відсіків, які розміщені у зонах природної вологості, суцільного водонасичення і основи насипу.

$\sum T_{утр}$  – сума сил, утримуючих масив.

$\sum T_{зсув}$  – сума сил, зсуваючих масив.

$\sum C_i$  – сума щеплень ґрунту.

$$C_i = l_i \cdot c_i; \quad (2.1)$$

де  $c_i$  - питоме щеплення ґрунту по поверхні зміщення відсіку;

$l_i$  – довжина основи відсіку.

Значення коефіцієнта тертя і питомого зчеплення ґрунту у зоні суцільного водонасичення приймаємо рівним:

$$f_e = 0.75 \cdot f; \quad c_e = 0.5c;$$

Зробивши всі необхідні розрахунки, визначимо коефіцієнти стійкості укосу насипу при різному положення кривої можливого зміщення.

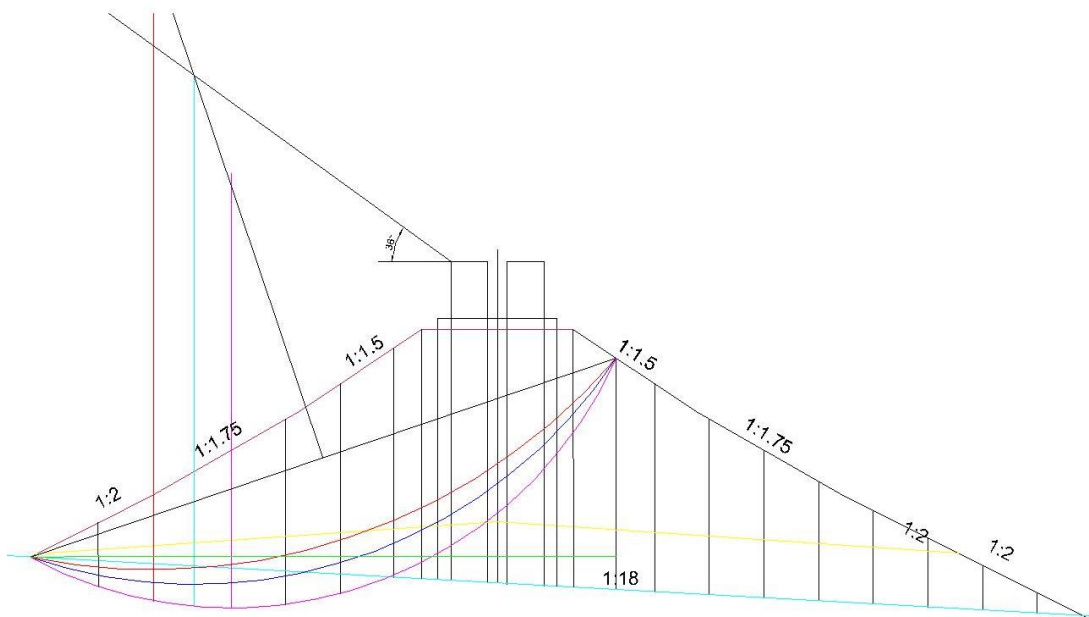
$$k_1 = 1.49$$

$$k_2 = 1.62$$

$$k_3 = 1.67$$

Оскільки  $k_2 < k_3 < k_1$ , то коефіцієнт стійкості  $k_1$  є найменшим, отже перша крива є критичною.

З цієї умови слідує, що коефіцієнт стійкості - насип є стійким.



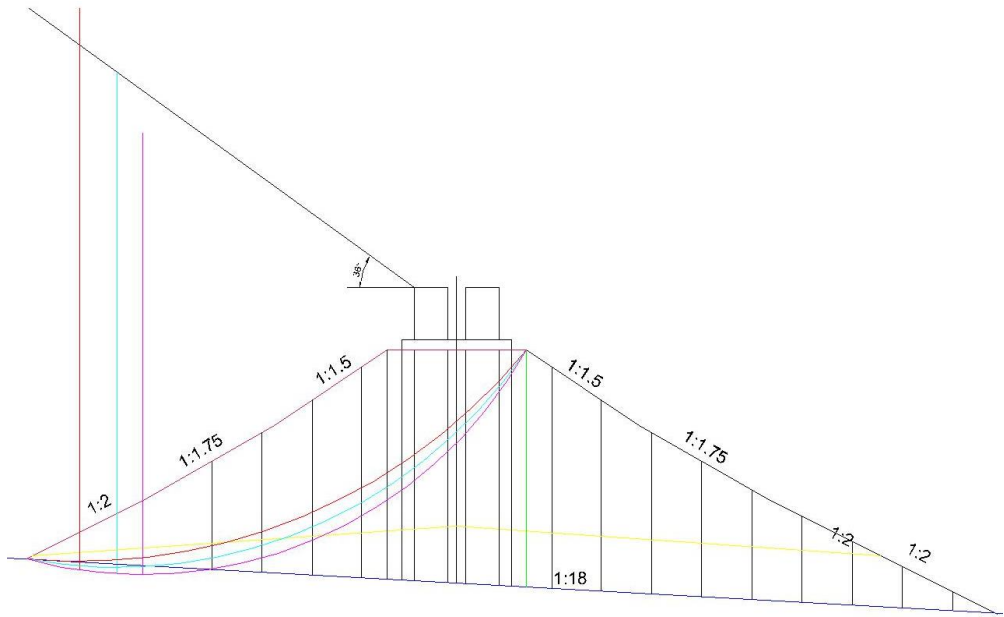
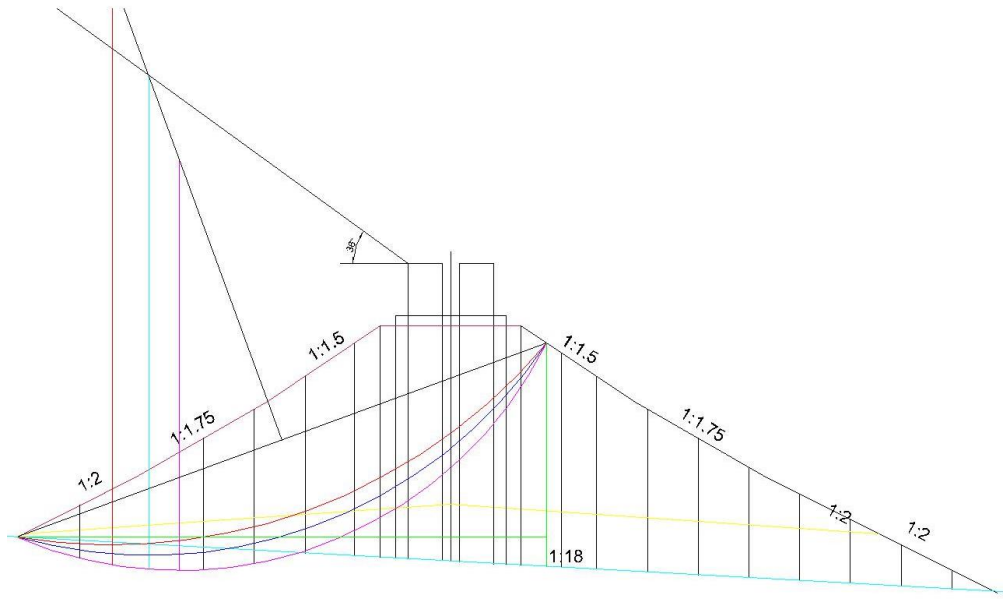


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема для розрахунку стійкості укошу насипу (крива 1, 2, 3)

### **3 ПРОЕКТ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ КОЛІЇ**

#### **3.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ**

У плані ділянка колії має 78,8 % прямих та 21,2 % кривих.

Ділянка перегону двоколійна, має електрифікацію та обладнана системою автоблокування. Вантажонапруженість складає 16 млн. т км бр/км за рік. Рух пасажирський та вантажний, число пар поїздів – 5 шт/добу.

Довжина колії, що розглядається, складає 9 км.

Кількість робочих днів, що виділяються для виконання об'єму робіт,  
17.

Стан верхньої будови колії до ремонту:

Стан залізничної колії:

- рейки типу Р65;
- довжина рейок: пліті та 25 м;
- скріплення типу КПП-5, Д0;
- шпали залізобетонні та дерев'яні;
- епюра шпал 1840 шт/км на прямих, і 2000 шт/км в кривих ділянках;
- баласт щебеневий, засмічений на 30 %;
- товщина баластного шару 40/20 см.
- кювети, лотки й нагірні канави засмічені;

Стан верхньої будови колії після ремонту:

- рейки типу Р65;
- довжина рейок: пліті до 800 м;
- скріплення типу КПП-5;
- шпали залізобетонні;
- епюра шпал 1840 шт/км на прямих, і 2000 шт/км в кривих ділянках;
- баласт щебеневий,
- товщина баластного шару 30/20 см.

### 3.2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ КОЛІЇ

При варіанті технологічного процесу очищення щебеню будемо виконувати машиною RM-80, яка буде працювати після колієукладального крану. Машина RM-80 очищення виконує довше по часові. Тому фронт робіт приймаємо 1000 м.

*Вибір ланцюжка машин для виконання основних робіт*

1. Виривання рейко-шпальної решітки машиною ВПО-3000
2. Розболчування стиків монтерами колії.
3. Розбирання колії колієукладачем УК-25/9-18 (інвентарні рейки)
4. Планування баластної призми трактором планувальником.
5. Укладання колії ланками колієукладачем УК-25/9-18 (шпали залізобетонні, 25 м ланка) та встановлення нормальних стикових зазорів.
6. Постановка накладок та зболчування стиків.
7. Поправка шпал по міткам.
8. Рихтування колії з постановкою на вісь рихтовщиком РГУ-1.
9. Очищення щебеню щебенеочисною машиною RM-80.
10. Вивантаження із ХДВ щебеню для заповнення ящиків.
11. Постановка на щєбінь, виправка колії в профілі та по рівні із суцільною підбивкою шпал машиною ВПО-3000.
12. Мала хопердозаторна вертушка (ХДВм), засипка торців шпал щебенем.
13. Вибіркове виправлення колії машиною ВПР-1200.
14. Постановка заземлювачів опор контактної мережі.

Схема розташування машин та бригад для роботи у «вікно» з необхідними інтервалами безпеки приведена на рис.3.5.

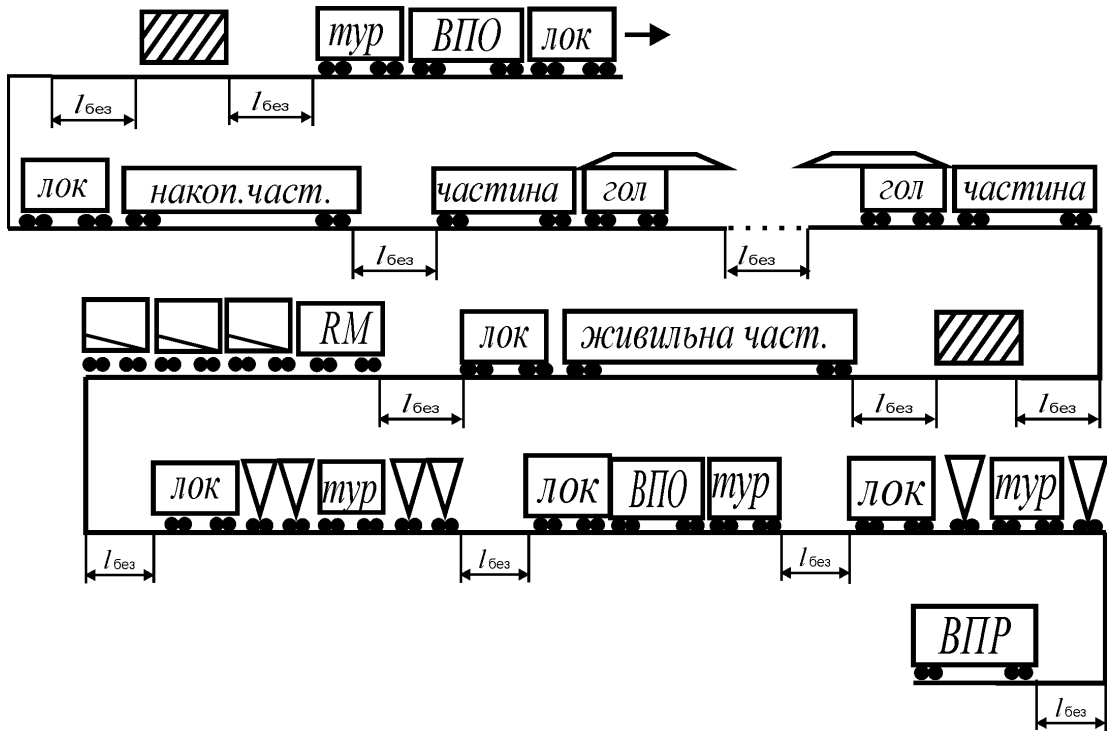


Рисунок 3.1. - Технологічний ланцюжок машин основних робіт в «вікно»

Довжина господарських поїздів.

$$l_{ВПО-3000}^I = 2 \cdot 12 + 28 + 25 = 77 \text{ м};$$

$$l_{ВПП-02}^I = 26 \text{ м};$$

Кількість немоторних платформ  $n_{ПН} = 1000 / (25 \cdot 5) \cdot 2 = 16 \text{ шт.}$

Кількість моторних платформ приймаємо  $n_{ПМ} = 2 \text{ шт.}$

$$L_{ПР} = 2 \cdot 17 + 44 + 16 \cdot 15 + 2 \cdot 16 + 15 + 25 = 390 \text{ м};$$

Довжина колієукладального поїзда визначається за тими ж принципами, що й довжина колієрозбирального.

$$n_{ПН} = 1000 / (25 \cdot 5) \cdot 2 = 16$$

$$n_{ПМ} = 2 \text{ шт.}$$

$$L_{ПУ} = 2 \cdot 17 + 44 + 16 \cdot 15 + 2 \cdot 16 + 15 + 25 = 390 \text{ м};$$

Кількість хопер-дозаторів

Об'єм баласту, що вивантажується з хопер-дозаторів за нормою на 1 км  $W_{Щ}; = 600 \text{ м}^3.$

Обсяг баласту в одному хопер-дозаторі,  $W_{ХД} = 40 \text{ м}^3;$

Об'єм щебеню, що потрібно резервувати на малу вертушку, в розрахунку на 1 км ( $100 \text{ м}^3/\text{км}$ ).

$$n_{\text{ХД}} = (600 - 2 * 100) / 40 * 1 = 10 \text{ шт};$$

Знаходимо довжину хопер-дозаторної вертушки

$$L_{\text{ВЕРТ}} = 10 * 10 + 20 + 2 * 17 = 154 \text{ м};$$

$$n_{\text{ХД}} = (100) / 40 * 1 = 3 \text{ шт};$$

$$L^M_{\text{ВЕРТ}} = 10 * 3 + 20 + 17 = 67 \text{ м};$$

Довжина RM-80

$$l^{\text{II}}_{\text{RM80}} = 31,8 + 4 * 15 = 92 \text{ м}.$$

*Розрахунок необхідної тривалості “вікна”*

Тривалість “вікна”, яка необхідна для виконання робіт, знаходиться з виразу

$$T_H = t_P + t_{\text{ВЕРТ}} + t_3, \quad (3.35)$$

де  $t_P$  – час, необхідний для розгортання робіт, включаючи час на закриття перегону;

$t_{\text{ВЕРТ}}$  – час роботи ведучої машини;

$t_3$  – необхідний час для згортання робіт і відкриття перегону для пропуску графікових поїздів.

Час на розгортання і згортання робіт визначається в залежності від прийнятої технологічної схеми виконання ремонту колії.

Час розгортання дорівнює:

$$t_P = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \quad (3.36)$$

де  $t_1$  – час на оформлення закриття перегону та пробіг першого робочого поїзда від станції до місця виконання робіт, приймається при наявності автоблокування – 6 хв, час на зняття наруги в контактній мережі – 8 хв, тому всього 14 хв;

$t_2$  – інтервал часу між початком роботи зі знімання заземлювачів опор контактної мережі та початком роботи машини ВПО-3000

$$t_2 = \Delta l N_{\text{зазем}} \alpha_B,$$

$$t_2 = 0,05 * 6,9 * 1000 / (50 * 6) * 1,1 = 1 \text{ хв};$$

$t_3$  – інтервал часу між початком роботи машини ВПО-3000 та початком розболчування стиків;

$$t_3 = (l_{ВПО} + \Delta l) H_{ВПО} \alpha_B,$$

$$t_3 = (0,077 + 0,025) * 33,9 * 1,1 = 4 \text{ хв};$$

$t_4$  – час між початком розболчування стиків і початком розбирання колії;

Визначаючи інтервали часу, ми враховуємо, що до чергової роботи можна приступити тільки після того, коли буде виконаний визначений обсяг попередньої роботи і звільниться ділянка, достатня для розміщення техніки та людей з урахуванням технологічних інтервалів безпеки.

Об'єм роботи з розболчування стиків знайдемо з урахуванням того, щоб довжина ділянки дозволила розмістити на ній колієрозбиральний поїзд  $L_{ПР}$ , саму бригаду  $l_{РОЗБ}$ , що розболчує стики, дотримуючи інтервали безпеки між ними, а також між хвостовою (з краном) та основною частинами розбирального поїзда  $\Sigma \Delta l$ .

Довжина ділянки зайнята бригадою з розболчування стиків, знаходиться з формули

$$l_{РОЗБ} = \left( \frac{n_{РОЗБ}}{n_C} - 1 \right) l_{ЛН}, \quad (3.37)$$

$n_{РОЗБ}$  – кількість людей у бригаді без урахування машиністів пересувних електростанцій;

$n_C$  – кількість людей, що працюють на одному стикі колії (4 чол).

Повна кількість людей у бригаді знаходиться з умови, що темп роботи з розболчування стиків дорівнює темпу роботи машини ВПО-3000, тому що в цьому випадку інтервал часу  $t_5$  буде мати найменше значення.

$$n_{БР} = \frac{Q_P}{t_{Щ}}, \quad (3.38)$$

де  $Q_P$  – трудомісткість роботи з розболчування стиків;

$t_{Щ}$  – час роботи ВПО-3000 по вириванню решітки з щебеню.

$$Q_P = V_P H_P \alpha_B, \quad (3.39)$$

де  $V_P$  – об’єм роботи з розболчування стиків, тобто кількість стикових болтів, що необхідно розкрутити на даному фронті роботи з урахуванням того, що в підготовчий період 2-й та 5-й стикові болти вже зняті;

$H_P$  – технологічна норма витрат праці на розболчування стиків в основний період;

$$V_P = \left( \frac{l_{\Phi P}}{l_{ЛН}} + 1 \right) \cdot n_B \cdot n_{CT}, \quad (3.40)$$

де  $\left( \frac{l_{\Phi P}}{l_{ЛН}} + 1 \right)$  – кількість стиків на даному фронті роботи;

$n_B$  – кількість стикових болтів в одному стику, що необхідно розкрутити (в даному разі це 1-й, 3-й, 4-й, 6-й);

$n_{CT}$  – кількість саме стиків в стику колії (2 шт).

$$V_P = (1000/25 + 1) * 4 * 2 = 328 \text{ болтів};$$

$$Q_P = 328 * 1,7 * 1,1 = 628 \text{ люд.-хв/болт};$$

Час роботи ВПО-3000 по вириванню решітки з щебеню

$$t_{Щ} = l_{\Phi P} H_{ВПО} \alpha_B, \quad (3.41)$$

$$t_{Щ} = 1 * 33,9 * 1,1 = 45 \text{ хв};$$

Тоді повна кількість людей у бригаді:

$$n_{БР} = 628 / 45 = 14,01 \text{ люд}$$

Приймаємо  $n_{БР} = 14$  чол, з яких 12 працюють з електроключами ( $n_{РОЗБ} = 12$ ), а 2 – обслуговують електростанцію.

довжина ділянки зайнята бригадою з розболчування стиків

$$l_{РОЗБ} = (12/4 - 1) * 25 = 50 \text{ м.}$$

Інтервал безпеки між бригадою, що розболчує стики, та колієрозбиральним поїздом становить 50 м, а між хвостовою (з краном) та основною частинами розбирального поїзда – 25 м, тоді

$$\Sigma \Delta l = 50 + 25 = 75 \text{ м.}$$

Отже, час між початком розболчування стиків і початком розбирання колії

$$t_4 = (\Sigma \Delta l + L_{\text{ПР}} + l_{\text{РОЗБ}}) H_{\text{БР}} \alpha_{\text{В}},$$

$$t_4 = (0.075 + 0.390 + 0.050) * 39,6 * 1,1 = 23 \text{ хв.}$$

$t_5$  – час між початком розбирання колії і початком укладання колії;

$$t_5 = V_{\text{ПР}} H_{\text{пр}} \alpha_{\text{В}}$$

де  $V_{\text{ПР}}$  – обсяг роботи, який повинен виконати колієрозбиральний поїзд до початку укладання ланок, залежить від відстані між колієукладальним та колієрозбиральним поїздами. При однакових кранах ця відстань приймається рівною 100 м, що складає 4 ланки;

$H_{\text{ПР}}$  – технологічна норма витрат праці на розбирання колії.

$$t_5 = 4 * 1,9 * 1,1 = 9 \text{ хв.}$$

Час між початком роботи колієукладацьного поїзда та початком зарядки машини РМ-80  $t_6$  буде

$$t_6 = (\Sigma \Delta l + L_{\text{ПУ}} + l_{\text{РОБ}}) / l_{\text{ЛН}} H_{\text{ПУ}} \alpha_{\text{В}},$$

де  $(\Sigma \Delta l + L_{\text{ПУ}} + l_{\text{РОБ}})$  довжина від місця укладання рейок до кінця укладального поїзда.

$l_{\text{ЛН}}$  – довжина лаки.

$$t_6 = 540 / 25 * 1,9 * 1,1 = 46$$

Час зарядки машини РМ-80 по відомості складає 22 хв

Таким чином, час розгортання дорівнює

$$t_p = 14 + 1 + 4 + 23 + 9 + 22 + 46 = 119 \text{ хв.}$$

Час роботи ведучої машини – робота машини РМ-80

$$t_{\text{ВЕД}} = 1 * 453 * 1,1 = 498 \text{ хв.}$$

Час згортання робіт дорівнює

$$t_3 = t'_1 + t'_2 + t'_3, \quad (3.42)$$

де  $t'_1$  – час на укладання рейкових рубок, приймається рівним 10 хв.

При укладанні рубок головна частина колієукладального поїзду стоїть на місці і тому всі робочі поїзди та бригади, що знаходяться позаду нього, припиняють виконання робіт;

$t'_2$  – час на закінчення робіт останніх машин у ланцюжку та розрядки RM-80;

$t'_3$  – час на оформлення відкриття перегону(10 хв).

Розрядки RM-80 складає 22 хв

Час між закінченням розрядки RM-80 і ХДВ  
 $(0,094+0,025)*33,9*1.1=4\text{хв}$

Час між закінченням роботи ХДВ і ВПО  $(0,174+0,025)*33,9*1.1=7\text{ хв}$

Час між закінченням роботи ВПО і ХДВм  $(0,077+0,025)*33,9*1.1=4\text{ хв}$

Час між закінченням роботи ХДВм і ВПР  $(0,026+0,025)*33,9*1.1=2\text{ хв}$

Час між закінченням роботи ВПР і остановкою заземлювачів опор контактної мережі  $0,025*33,9*1.1=1\text{ хв}$

$t'_2 = 22+4+7+4+2+1=40\text{ хв};$

Час, який необхідний на згорання робіт

$t_3 = 10+40+10=60\text{ хв.}$

Таким чином, тривалість “вікна”, яка необхідна для виконання робіт

$T_H=119+498+60=677\text{ хв.}, (11\text{ год. }16\text{ хв}\approx 11,27\text{ год.}).$

Так як  $T_M > T_{OPT}$  та  $T_M > T_H$  для “вікон” на заданій ділянці непотрібна розробка організаційно-технічних заходів щодо збільшення пропускної здатності на період виконання ремонту колії.

*Складання відомості витрат праці для другого варіанту*

Підрахунок витрат праці на основні роботи у «вікно», які виконуються на перегоні при капітальному ремонті колії при використанні RM-80, оформлено у вигляді відомості. У відомості приводяться кількість робітників, що зайняті на виконанні кожної операції, а також тривалість роботи машин і монтерів колії.

Графік основних робіт у „вікно” вважається складеним задовільно, якщо виконується умова :  $n_B \cdot T_B / Q_B < 1,3$ ,

де  $n_B$  –сумарна кількість монтерів використаних на основних роботах у „вікно” (55 чол);

$T_B$  –тривалість „вікна”;

$Q_B$ —сумарні витрати праці на основні роботи у „вікно”.

$$n_B \cdot T_B / Q_B = 55 \cdot 677 / 12004 = 3,1 > 1,3$$

Отже, графік складений незадовільно.

Висновок. Другий варіант технологічного процесу з машиною RM-80 вимагає більшої тривалості необхідного вікна, що майже в півтора рази більше оптимальної. Графік робіт не має задовільної оцінки, так як значно зросла тривалість «вікна». Тому для подальшого розрахунку приймаємо I-й варіант технологічного процесу капітального ремонту колії.

Побудова графіка виконання робіт у «вікно» і графіка виконання робіт по днях виконується аналогічно, як у першому випадку.

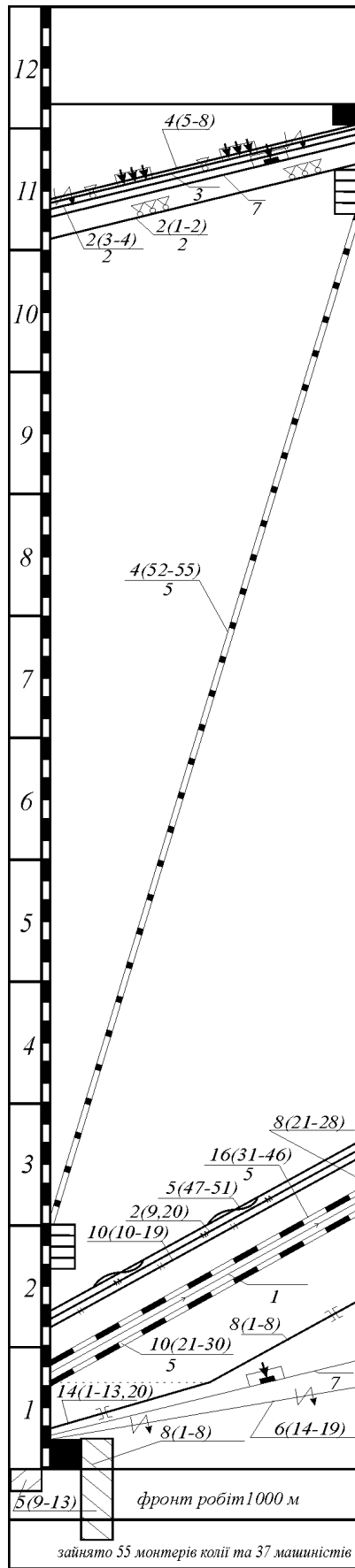


Рисунок 3.2 - Графік основних орбіт у

- *Оформлення закриття перегону*
- ⚡ *Знімання та установка заземлювачів опор контактої мережі*
- ▨ *Підготовка місця зарядки RM-80*
- ▧ *Підготовка місця зарядки ВПО*
- ▩ *Розбирання тимчасового переїзного настилу*
- ▬ *Зарядження (розрядження) RM-80*
- ✍ *Очищення баласту RM-80*
- ✂ *Розболчування стиків зі зняттям накладок*
- ✍ *Розбирання (укладання) решітки УК*
- ✂ *Розбирання (укладання) решітки УК*
- ✂ *Поправка шпал по міткам*
- ∞ *Рихтування колії РГУ-1*
- ⚙ *Вивантаження баласту з великих вертушок*
- ⚙ *Виправлення колії ВПО*
- ⚙ *Робота динамічного стабілізатора DGS*
- ⚙ *Вивантаження баласту з малої вертушки*
- ⚙ *Виправлення колії ВПР*
- ✂ *Підтягування слабих стикових болтів*
- ▴ *Заготовка та укладання рейкових рубок*
- ↗ *Робота трактора планувальника*

Умовні позначення до графіка робіт у «вікно»

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

*Вимоги безпеки праці при заміні рейко-шпальної решітки*

Під час заміни рейко-шпальної решітки виконують такі роботи:

- відривання рейко-шпальної решітки від баластної призми машиною ЕЛБ-3;
- вирізання узбіччя машиною КОМ-300;
- розболчування стиків;
- розбирання колії краном УК 25/18;
- укладання колії краном УК 25/18;
- зболчування стиків.

*Вплив небезпечних та шкідливих факторів на організм людини*

При виконанні робіт існує ряд факторів, що негативно впливають на людину та при певних умовах можуть призвести до травм – небезпечних, а також ряд шкідливих факторів.

До небезпечних факторів можна віднести:

- рухомі машини та механізми та їх елементи;
- рух транспортних засобів;
- переміщення матеріалів;
- падаючі з висоти предмети та інструменти;
- падіння з висоти;
- робочі органи працюючих машин і механізмів.

Як захист від впливу цих факторів робітники повинні використовувати засоби індивідуального захисту. Робітники, робота яких пов'язана з рухом поїздів, повинні вдягати сигнальні жилетки спеціального кольору. Засоби захисту від вібрації повинні відповідати нормам ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность». Засоби індивідуального захисту робочих підлягають регулярним контрольним оглядам.

До шкідливих факторів належать:

- порушення норми метеорологічних умов (переохолодження та перегрівання), що є причиною теплових ударів, ангіни, хронічних артритів та інших хвороб;
- відхилення від норм атмосферного тиску, що може стати причиною зовнішньої кровотечі;
- вплив токсичних речовин на організм людини, що сприяє отруєнням, ураженням шкіри, хімічним опікам;
- погане освітлення, що є причиною ослаблення зору, розвитку близькозорості, підвищення можливості травматизму;
- підвищення запиленості повітря, що викликає захворювання на бронхіальну астму та інші хвороби дихальних шляхів;
- високочастотні струми та опромінення (інфрачервоне), що викликає захворювання очей.

Серед шкідливих факторів найбільш поширенішими є – шум та вібрація.

Шум – це коливання звукової хвилі в певному діапазоні, що характеризуються частотою та амплітудою, непостійними в часі, що не несуть корисної інформації людині.

Вібрація – це механічні коливання, що призводять до розладу життєвих функцій людини. Вібрації – це механічні коливання, що призводять до розладу життєвих функцій людини, шкідливо впливають на роботу обладнання та руйнують будівельні конструкції.

Усі правила безпеки праці під час виконання робіт у колійному господарстві здійснюються відповідно до вимог НПАОП 63.21-1.25-07 «Правила безпеки праці під час виконання робіт у колійному господарстві».

Відповідальність за безпеку руху поїздів при виконанні робіт на колії і спорудах як дистанціями колії, так колійними машинними станціями та іншими підприємствами повністю несе керівник робіт.

Забороняється починати роботи до отримання керівником робіт наказу поїзного диспетчера (письмового, телефоном або радіозв'язком) і до огороження місця робіт сигналами зупинки у відповідності до вимог Інструкції з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт.

*Заходи щодо безпеки праці під час виконання капітального ремонту монтерами колії*

Місця проведення колійних робіт повинні бути огорожені та мати попереджувальні знаки.

Локомотивній бригаді кожного поїзда видається попередження у зв'язку з виконанням колійних робіт відповідно до нормативно-технічних актів із забезпечення безпеки руху поїздів.

До початку прямування працівників до місця виконання робіт керівник робіт зобов'язаний перевірити наявність сигнальних приладів і захисних пристроїв, переконатися у тому, що заявка на видачу попереджень локомотивним бригадам поїздів прийнята до виконання.

Прямувати від місця збору на роботу та повертатися дозволяється тільки збоку від колії або узбіччям земляного полотна під керівництвом спеціально призначеної особи.

Прямування до місця виконання робіт і повернення в межах станції повинно здійснюється відповідно до схеми службових проходів та затвердженої інструкції з організації робіт і забезпечення заходів безпеки під час виконання колійних робіт.

У разі неможливості пройти збоку від колії або узбіччям, прямування по колії дозволяється із дотриманням заходів безпеки:

- на двоколінійній ділянці працівники мають іти назустріч правильному руху поїздів;
- керівник робіт, зобов'язаний попередити працівників, щоб вони йшли один за одним або по два в ряду, не допускаючи відставання;
- керівник із сигналами знаходиться позаду групи, огорожуючи її розгорнутим червоним прапорцем, а вночі - ліхтарем з червоним

вогнем.

Перед групою має іти сигналіст, який огорожує групу сигналами зупинки; в умовах недостатньої видимості (у крутих кривих, глибоких виїмках, у лісистій місцевості, за наявності будівель, а також у темний час доби, туман, заметіль та інших випадках) керівник робіт зобов'язаний призначає двох сигналістів, один з яких прямує попереду, а інший - позаду групи на відстані зорового зв'язку, але так, щоб поїзд, що наближається, був видимий йому на відстані не ближче 500 м від групи і вчасно подає ріжком сигнал про наближення поїзда.

Сигналісти мають іти з розгорнутими червоними прапорцями (уночі з ліхтарями з червоним вогнем) і огорожувати групу працівників поки вона не зійде з колії.

Не дозволяється працівникам сідати на рейки, кінці шпал, баластову призму, усередині колії і на міжколійя, а також на стелажі покілометрового запасу рейок.

Схеми огороження повинні складатися в чотирьох екземплярах, один з яких зберігається в технічному відділі підприємства, другий – у майстра шляхового, третій – у бригадира колії, а четвертий – вивішується в приміщенні збору працівників.

Необхідно виконувати наступні заходи по забезпеченню безпеки працюючих:

- забороняється пролазити під вагонами і просувати під ними інструмент;
- сигналістами призначають монтерів колії не нижче 3 розряду, які пройшли навчання і перевірку знань;
- при закручуванні гайок вручну необхідно користуватись тільки типовим ключем;
- забороняється збивати гайки ударом молотка;
- роботи ударним інструментом забороняється виконувати без захисних окулярів;

- забороняється прибирати руками металеві стружки під час різання і свердління рейок.

*Вимоги безпеки під час виконання робіт із застосуванням електробаластера елб-3*

Перед початком робіт огорожуються місця робіт сигналами або сигнальними знаками в установленому чинним законодавством порядку.

Електробаластер повинен мати перехідний фартух і проміжні ланцюги бар'єра, що з'єднують перехід з однієї ферми на іншу.

Під час роботи ЕЛБ-3, керівник робіт повинен стежити, щоб робітники знаходилися на відстані не менше 5 м від крайньої рейки.

При експлуатації машини забороняється користуватися відкритим вогнем поруч з нею, злазити і залазити на машину, на ходу, усувати несправності пневматичних і гідравлічних пристроїв, що знаходяться під тиском, ремонтувати й усувати несправності робочих органів, що знаходяться в робочому положенні.

Не дозволяється робота машини у темний час доби при відсутності необхідного освітлення, під час сильного туману або грози.

*Вимоги безпеки під час виконання робіт із застосуванням колієукладальних кранів ук 25/18*

Роботи із застосуванням колієукладальних кранів повинні виконуватися відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.01-07 Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.

Під час укладання нових ланок колії і розбирання старих, а також при перевертанні їх знаходитися під піднятою ланкою та збоку від неї не дозволяється. Працівники обслуговуючої бригади в цей час повинні знаходитися попереду або позаду піднятої ланки на відстані не менше 2 м.

Під час стикування утримувати ланки чи блоки стрілочного переводу необхідно направляючою штангою за головку рейки на відстані не ближче 0,4 м від стику.

Не дозволяється перебувати та проходити між завантаженими не закріпленими пакетами ланок чи блоками стрілочних переводів, перебувати між ними в момент перетягування, а також перебувати на відстані менше 10 м від троса в момент перетягування пакетів ланок.

Під час проходження колієукладального (колієрозбирального) поїзда до місця роботи і навпаки пакети ланок чи блоків стрілочних переводів на платформах повинні бути надійно закріплені спеціальними пристроями.

На час пропуску поїзда по сусідній колії робота колієукладального крана та перетягування пакетів чи блоків стрілочних переводів повинні бути припинені і забезпечений габарит для безпечного пропуску поїзда.

Не дозволяється виконувати колійні роботи позаду і попереду колієукладальних кранів на відстані менше 25 м, знаходитися на піднятому вантажі, переходити і знаходитися під піднятим вантажем, а також ближче 1 м збоку від нього.

Робітники, які входять до складу бригади, що обслуговує колієукладальні крани, повинні бути забезпечені захисними касками та рукавицями.

Не дозволяється обслуговуючому персоналу рейкоукладачів під час роботи користуватися передніми дверима кабіни. Ці двері повинні бути на час роботи зачинені на замок, а підвісна драбина знята.

До початку роботи рейкоукладача борти платформи повинні бути відкриті і закріплені в кронштейнах з установкою на бортах огорожуючого бар'єра.

#### *Порядок огородження місця виконання колійних робіт на перегоні*

Будь-які перешкоди для руху на перегоні і станції, а також місце виконання робіт, що вимагає зупинки або зменшення швидкості, мають бути огорожені сигналами з обох боків незалежно від того, очікується поїзд чи ні (згідно Правил технічної експлуатації залізниць України).

Перелік перегонів із зазначенням відстані Б, на якій повинні вклатися петарди, та відстані А, на якій повинні встановлюватись сигнали зменшення

швидкості залежно від керівного ухилу і максимально допустимої швидкості руху поїздів на перегоні визначається начальником залізниці. Лише виконання робіт, що вимагає зупинки поїздів при фронті робіт більше 200 м огорожується сигналами зупинки за схемою, наведеною на рис.4.1

#### *Дії працівників в аварійних ситуаціях*

Аварійна ситуація може виникнути в залежності від умов і характеру роботи, що виконується.

При виникненні аварійної ситуації негайно припиніть роботу, огородіть небезпечну зону, не допускайте в неї сторонніх осіб.

Повідомте про те, що сталося керівнику робіт або черговому по станції.

подавайте сигнали зупинки поїзду чи маневруючому складу у випадках, які загрожують життю та здоров'ю людей або безпеці руху.

Негайно встановіть сигнал зупинки (вдень - червоний прапор, вночі – ліхтар з червоним вогнем) на місці виявленої на перегоні перешкоди для руху поїздів, що виникла несподівано (злам рейки, розмив колії, обвал, сніговий замет і ін.).

Після цього беззупинно подавайте духовим різком звуковий сигнал загальної тривоги (один довгий і три короткі сигнали), викликаючи на допомогу іншого працівника залізниці або сторонню особу. Прислухайтеся і дивіться, чи не наближається поїзд, у виїмці при поганій видимості з місця перешкоди підніміться наверх її укусу. Почувши або побачивши поїзд, який наближається, візьміть із собою червоний сигнал і біжіть назустріч до поїзда, подаючи сигнал зупинки, укладіть петарди в тому місці, де встигнете.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У першому розділі дипломного проекту було проведено аналіз фактичного стану ділянки колії. Було встановлено що задана ділянка відноситься до V категорії колії, призначено реконструкцію колії з використанням нових матеріалів.

У другому розділі проведено розрахунок стійкості укусу насау.

У третьому розділі було розроблено технологічний процес виконання ремонту, вибрано ланцюг машин для виконання робіт, розроблено графіки виконання основних робіт у «вікно». Розраховано кількість monterів колії та механіків. При виконанні капітального ремонту з використанням нових матеріалів, стару рейко-шпальну решітку замінено на нову, очищено щебеневий баласт, баластна призма приведена до нормативних розмірів, кювети очищені, водовідвідні лотки очищені та відновлені.

У четвертому розділі розроблено комплекс заходів з охорони праці для безпечного виконання працівниками робіт із підбивки, виправки і стабілізації колії. Вибрано схему огороження місця робіт. Описано дії працівників при виникненні аварійної ситуації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 9002:2020 - Споруди транспорту класифікація, періодичність призначення та проведення планово-запобіжних ремонтів залізничних колій.
2. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України : ЦП-0269 / затв. нак. Укрзалізниці від 01.03.2012 р. № 072-Ц. / Е. І. Даніленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган, В. О. Яковлев та ін. – К.: «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.: іл.
3. Даніленко Е.І. Залізнична колія./Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом/Підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х томах). Київ, Інпрес, 2010. – Том 2- 456 с.
4. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України: ЦП-0266 / затв. нак. Укрзалізниці від 01.02.2012 р. №033-Ц / В. В. Рибкін, О. М. Патласов, О. І. Белорусов, М. І. Карпов та ін. – К. – 2012. – 107 с.
5. Розробка організації та технології виконання робіт з модернізації та капітального ремонту колії [Текст]: методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни «Технологія, автоматизація, та механізація колійних робіт» і дипломного проектування / уклад.: М. І. Уманов, Т. Л. Сиволап, В. Є. Савлук, М. П. Сисин, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – 55 с.
6. Збірник типових технологічних процесів модернізації та капітального ремонту залізничної колії [Текст]: Затв.: Наказом Головного управління колійного господарства Укрзалізниці від 30.12.2003 р. № ЦП – 3/65. 175 с.

8. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України ВНД УЗ 32.6.03.004-20-12, ЦП-0273 — К.: ТОВ НВП «Поліграфсервіс», 2012. — 108 с.

## Додаток А – Розрахунки стійкості насипу

| Розрахункові дані                                 | Відсіки |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        | Сума   |
|---|---------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|   | 1       | 2   | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9        | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16     |        |
| $x_i, m$  | 31,09   | 29,26   | 27,65   | 25,67   | 24,32   | 22,34   | 20,73   | 18,91   | 15,44    | 11,5    | 7,5     | 4       | 1,25    | 1,25    | 5,01    | 9,18   | -      |
| $\sin(\alpha) = x_i/R_i$                          | 0,7895  | 0,743   | 0,7021  | 0,6519  | 0,6176  | 0,5673  | 0,5264  | 0,4802  | 0,3921   | 0,292   | 0,1905  | 0,1016  | 0,0317  | 0,0317  | 0,1272  | 0,2331 | -      |
| $\alpha_i, \text{рад}$                            | 0,91    | 0,8376  | 0,7784  | 0,71    | 0,6657  | 0,6032  | 0,5544  | 0,5009  | 0,4029   | 0,2963  | 0,1916  | 0,1017  | 0,0317  | 0,0317  | 0,1276  | 0,2353 | -      |
| $\cos(\alpha)$                                    | 0,6138  | 0,6693  | 0,712   | 0,7583  | 0,7865  | 0,8235  | 0,8502  | 0,8772  | 0,9199   | 0,9564  | 0,9817  | 0,9948  | 0,9995  | 0,9995  | 0,9919  | 0,9724 | -      |
| $\varphi_i, \text{прир рад}$                      | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061   | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061 | -      |
| $\varphi_i, \text{водонас рад}$                   | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796   | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796 | -      |
| $\varphi_i, \text{основи рад}$                    | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236   | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236 | -      |
| $f_i = \text{tg}(\varphi_i)$                      | 0,433   | 0,433   | 0,433   | 0,433   | 0,433   | 0,433   | 0,433   | 0,2992  | 0,2992   | 0,2992  | 0,5543  | 0,5543  | 0,5543  | 0,5543  | 0,5543  | 0,5543 | -      |
| $\omega' \cdot m^2$                               | 6,57    | 2,86  | 19,33   | 11,16   | 12,72   | 28,49   | 7,53    | 39,64   | 51,74    | 44,05   | 34,92   | 20,81   | 13,97   | 10,84   | 13,26   | 2,84   | -      |
| $\omega'' \cdot m^2$                              |         |   |         |         |         |         |         |         |          |         | 1,1     | 5,58    | 3,8     | 3,05    | 3,65    | 0,74   | -      |
| $\omega''' \cdot m^2$                             |         |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         | 0,23    | 2,65    | 4,69    | 1,33   | 7,57   |
| $\gamma' * \omega' \cdot \text{м}$                | 127,392 | 55,455  | 374,809 | 216,392 | 246,641 | 552,421 | 146,007 | 768,620 | 1003,239 | 854,130 | 677,099 | 403,506 | 270,878 | 210,188 | 257,111 | 55,068 | 6163,9 |
| $\gamma'' * \omega'' \cdot \text{м}$              |         |   |         |         |         |         |         | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 12,027  | 61,012  | 41,549  | 33,349  | 39,909  | 8,091  | 187,85 |
| $\gamma''' * \omega''' \cdot \text{м}$            |         |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         | 0,000   | 0,000   | 2,515   | 28,975  | 51,280 | 14,542 |
| $Q_i = \sum \gamma' * \omega$                     | 127,39  | 55,455  | 374,81  | 216,39  | 246,64  | 552,42  | 146,01  | 768,62  | 1003,2   | 854,13  | 689,13  | 464,52  | 314,94  | 272,51  | 348,3   | 77,701 |        |
| $f_i * N_i = f_i * Q_i * \cos(\alpha_i)$          | 33,857  | 16,071  | 115,56  | 71,058  | 83,999  | 196,99  | 53,754  | 201,74  | 276,15   | 244,43  | 375     | 256,16  | 174,49  | 150,98  | 191,5   | 41,884 |        |
| $T_{ympi} = [Q_i * \sin(\alpha_i)] \cdot c$       | 6,2     | 11,75   | 7,61    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 1      |        |
| $T_{zci} = [Q_i * \sin(\alpha_i)] \cdot \gamma c$ |         |   |         | 141,06  | 152,32  | 313,38  | 76,859  | 369,09  | 393,35   | 249,43  | 131,25  | 47,183  | 9,9969  | 8,6501  | 44,312  | 18,113 |        |
| $l_i, m$  | 5,18    | 0,97  | 4,03    | 1,82    | 1,75    | 3,21    | 0,74    | 3,47    | 4,2      | 4,26    | 4,08    | 3,01    | 2,51    | 2,5     | 5,06    | 2,02   |        |
| $c_i \text{ кН/м}$                                | 15,2    | 15,2  | 15,2    | 15,2    | 15,2    | 15,2    | 15,2    | 15,2    | 15,2     | 15,2    | 7,6     | 7,6     | 17,2    | 17,2    | 17,2    | 17,2   |        |
| $c_i * l_i \text{ кН}$                            | 78,736  | 14,744  | 61,256  | 27,664  | 26,6    | 48,792  | 11,248  | 52,744  | 63,84    | 64,752  | 31,008  | 22,876  | 43,172  | 43      | 87,032  | 34,744 |        |
| $f_i * N_i + c_i * l_i + T_{ympi}$                | 118,79  | 42,565  | 184,43  | 98,722  | 110,6   | 245,78  | 65,002  | 254,48  | 339,99   | 309,18  | 406,01  | 279,03  | 217,66  | 193,98  | 278,53  | 77,628 | 3144,8 |
| $T_{zci} \text{ кН}$                              | 0       | 0   | 0       | 141,06  | 152,32  | 313,38  | 76,859  | 369,09  | 393,35   | 249,43  | 131,25  | 47,183  | 9,9969  | 8,6501  | 44,312  | 18,113 | 1936,9 |
| $R, m$  | 39,38   |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $\text{кН/м}^2$                                   | 19,39   |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $\gamma'' \text{ кН/м}^3$                         | 5,573   |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $\gamma''' \text{ кН/м}^3$                        | 15,276  |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $K$   | 1,6236  | - отриманий за розрахунком коефіцієнт стійкості |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $\varphi$ (град)                                  | 29      |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $\varphi$ вод (град)                              | 21,75   |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |
| $\varphi$ осн (град)                              | 30      |   |         |         |         |         |         |         |          |         |         |         |         |         |         |        |        |

Таблиця 1. Розрахунок коефіцієнту стійкості.

| Розрахункові дані                                 | Відсіки |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | Сума   |
|---|---------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | 1       | 2   | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |        |
| $x_i, m$  | 32,56   | 31,49   | 30,31  | 28,96  | 27,79  | 26,71  | 24,14  | 20,14  | 16,14  | 12,14  | 8,14   | 3,57   | 0,5    | 1,62   | 4,13   | 5,13   | -      |
| $\sin(\alpha) = x_i/R_i$                          | 0,7072  | 0,684   | 0,6583 | 0,629  | 0,6036 | 0,5801 | 0,5243 | 0,4374 | 0,3506 | 0,2637 | 0,1768 | 0,0775 | 0,0109 | 0,0352 | 0,0897 | 0,1114 | -      |
| $\alpha_i, \text{рад}$                            | 0,7855  | 0,7532  | 0,7186 | 0,6803 | 0,648  | 0,6189 | 0,5519 | 0,4528 | 0,3582 | 0,2668 | 0,1777 | 0,0776 | 0,0109 | 0,0352 | 0,0898 | 0,1117 | -      |
| $\cos(\alpha)$                                    | 0,707   | 0,7295  | 0,7527 | 0,7774 | 0,7973 | 0,8145 | 0,8515 | 0,8992 | 0,9365 | 0,9646 | 0,9842 | 0,997  | 0,9999 | 0,9994 | 0,996  | 0,9938 | -      |
| $\varphi_i, \text{прир рад}$                      | 0,5061  | 0,5061  | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | -      |
| $\varphi_i, \text{водонас рад}$                   | 0,3796  | 0,3796  | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | -      |
| $\varphi_i, \text{основи рад}$                    | 0,5236  | 0,5236  | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | -      |
| $f_i = \text{tg}(\varphi_i)$                      | 0,433   | 0,433   | 0,433  | 0,433  | 0,433  | 0,433  | 0,433  | 0,2992 | 0,2992 | 0,2992 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | -      |
| $\omega' \cdot m^2$                               | 5,35    | 2,41  | 14,08  | 9,69   | 11,14  | 25,16  | 6,71   | 35,52  | 47,46  | 43,68  | 23,52  | 20,81  | 13,97  | 10,84  | 13,29  | 2,84   | -      |
| $\omega'' \cdot m^2$                              |         |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 4,06   | 3,67   | 3,02   | 3,64   | 0,68   | -      |
| $\omega''' \cdot m^2$                             |         |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 0,09   | 0      |
| $\gamma' * \omega' \cdot \text{м}$                | 103,74  | 46,73   | 273,01 | 187,89 | 216    | 487,85 | 130,11 | 688,73 | 920,25 | 846,96 | 456,05 | 403,51 | 270,88 | 210,19 | 257,69 | 55,068 | 5499,6 |
| $\gamma'' * \omega'' \cdot \text{м}$              | 0       | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 22,626 | 20,453 | 16,83  | 20,286 | 3,7896 | 80,195 |
| $\gamma''' * \omega''' \cdot \text{м}$            | 0       | 0   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1,3748 | 0      |
| $Q_i = \sum \gamma' * \omega$                     | 103,74  | 46,73   | 273,01 | 187,89 | 216    | 487,85 | 130,11 | 688,73 | 920,25 | 846,96 | 456,05 | 426,13 | 291,33 | 227,02 | 277,98 | 60,232 |        |
| $f_i * N_i = f_i * Q_i * \cos(\alpha_i)$          | 31,758  | 14,761  | 88,985 | 63,247 | 74,572 | 172,06 | 47,973 | 185,32 | 257,88 | 244,46 | 248,81 | 235,5  | 161,48 | 125,76 | 153,47 | 33,179 |        |
| $T_{ympi} = [Q_i * \sin(\alpha_i)] \cdot c$       | 6,2     | 11,75   | 7,61   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      |        |
| $T_{zci} = [Q_i * \sin(\alpha_i)] \cdot \gamma c$ |         |   |        | 118,19 | 130,38 | 283,03 | 68,219 | 301,28 | 322,61 | 223,33 | 80,631 | 33,043 | 3,1639 | 7,988  | 24,936 | 6,7114 |        |
| $l_i, m$  | 4,65    | 0,9   | 1,35   | 1,35   | 1      | 1,15   | 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | 5      | 1      | 3,24   | 2,01   | 2,01   |
| $c_i \text{ кН/м}$                                | 15,2    | 15,2  | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 7,6    | 7,6    | 7,6    | 7,6    | 17,2   |        |
| $c_i * l_i \text{ кН}$                            | 70,68   | 13,68   | 20,52  | 20,52  | 15,2   | 17,48  | 60,8   | 60,8   | 60,8   | 60,8   | 60,8   | 38     | 7,6    | 24,624 | 15,276 | 34,572 |        |
| $f_i * N_i + c_i * l_i + T_{ympi}$                | 108,64  | 40,191  | 117,11 | 83,767 | 89,772 | 189,54 | 108,77 | 246,12 | 318,68 | 305,26 | 309,61 | 273,5  | 169,08 | 150,38 | 168,74 | 68,751 | 2679,2 |
| $T_{zci} \text{ кН}$                              | 0       | 0   | 0      | 118,19 | 130,38 | 283,03 | 68,219 | 301,28 | 322,61 | 223,33 | 80,631 | 33,043 | 3,1639 | 7,988  | 24,936 | 6,7114 | 1596,8 |
| $R, m$  | 46,04   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\text{кН/м}^2$                                   | 19,39   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\gamma'' \text{ кН/м}^3$                         | 5,573   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\gamma''' \text{ кН/м}^3$                        | 15,276  |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $K$   | 1,6778  | - отриманий за розрахунком коефіцієнт стійкості |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\varphi$ (град)                                  | 29      |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\varphi$ вод (град)                              | 21,75   |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\varphi$ осн (град)                              | 30      |   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Таблиця 1. Розрахунок коефіцієнту стійкості.

| Розрахункові дані                                     | Відсіки |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         | Сума     |
|---|---------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
|   | 1       | 2  | 3     | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16      |          |
| $x_i, м$  | 28,58   | 26,76  | 25,14 | 23,17  | 28,82  | 19,84  | 18,22  | 16,4   | 12,94  | 8,99   | 4,99   | 1,5    | 1,25   | 3,78   | 7,52   | 11,81   | -        |
| $\sin(\alpha) = x_i/R_i$                              | 0,8149  | 0,763  | 0,717 | 0,6607 | 0,8218 | 0,5657 | 0,5195 | 0,4676 | 0,369  | 0,2563 | 0,1423 | 0,0428 | 0,0356 | 0,1072 | 0,2144 | 0,3368  | -        |
| $\alpha_i, рад$                                       | 0,9526  | 0,868  | 0,799 | 0,7217 | 0,9645 | 0,6013 | 0,5463 | 0,4866 | 0,3779 | 0,2592 | 0,1428 | 0,0428 | 0,0357 | 0,1074 | 0,2161 | 0,3435  | -        |
| $\cos(\alpha)$  | 0,5795  | 0,646  | 0,697 | 0,7507 | 0,5698 | 0,8246 | 0,8545 | 0,8839 | 0,9294 | 0,9666 | 0,9898 | 0,9991 | 0,9994 | 0,9942 | 0,9767 | 0,9416  | -        |
| $\varphi_i, прир рад$                                 | 0,5061  | 0,506  | 0,506 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061 | 0,5061  | -        |
| $\varphi_i, водонас рад$                              | 0,3796  | 0,38   | 0,38  | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796 | 0,3796  | -        |
| $\varphi_i, основи рад$                               | 0,5236  | 0,524  | 0,524 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236 | 0,5236  | -        |
| $\bar{h} = tg(\varphi_i)$                             | 0,433   | 0,433  | 0,433 | 0,433  | 0,433  | 0,433  | 0,433  | 0,2992 | 0,2992 | 0,2992 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543 | 0,5543  | -        |
| $\omega', м^2$  | 8,45    | 3,59   | 20,1  | 13,38  | 15,08  | 33,21  | 8,71   | 43,53  | 52,13  | 44,05  | 34,84  | 21,12  | 13,97  | 10,84  | 13,29  | 2,84    | -        |
| $\omega'', м^2$                                       |         |  |       |        |        |        |        |        |        | 1,81   | 8,09   | 5,58   | 3,8    | 3,02   | 11,52  | 0,69    | -        |
| $\omega''', м^2$                                      |         |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        | 5,49   | 5,39   | 8,41   | 2,21   | 21,5    | -        |
| $\gamma^* \omega', кН$                                | 163,85  | 69,61  | 389,7 | 259,44 | 292,4  | 643,94 | 168,89 | 844,05 | 1010,8 | 854,13 | 675,55 | 409,52 | 270,88 | 210,19 | 257,69 | 55,068  | 6520,663 |
| $\gamma^* \omega'', кН$                               | 0       | 0  | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 10,087 | 45,086 | 31,097 | 21,177 | 16,83  | 64,201 | 3,8454  | 188,4789 |
| $\gamma^* \omega''', кН$                              | 0       | 0  | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 83,865 | 82,338 | 128,47 | 33,76  | 294,674 | -        |
| $Q_i = \sum \gamma^* \omega_i, кН$                    | 163,85  | 69,61  | 389,7 | 259,44 | 292,4  | 643,94 | 168,89 | 844,05 | 1010,8 | 864,22 | 720,63 | 440,61 | 375,92 | 309,36 | 450,37 | 92,673  | -        |
| $\bar{h}^* N_i = \bar{h}^* Q_i \cos(\alpha_i), кН$    | 41,117  | 19,48  | 117,7 | 84,33  | 72,144 | 229,93 | 62,486 | 223,24 | 281,11 | 249,95 | 395,39 | 244,01 | 208,24 | 170,49 | 243,84 | 48,369  | -        |
| $T_{ymp_i} = [Q_i \sin(\alpha_i)] / \gamma_{ymp}, кН$ | 6,2     | 11,75  | 7,61  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 1       | -        |
| $T_{зс_i} = [Q_i \sin(\alpha_i)] / \gamma_{зс}, кН$   |         |  |       | 171,41 | 240,29 | 364,29 | 87,742 | 394,71 | 372,96 | 221,54 | 102,54 | 18,846 | 13,399 | 33,167 | 96,571 | 31,208  | -        |
| $\bar{h}_i, м$  | 1,15    | 1  | 1,35  | 1,35   | 1      | 1,15   | 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | 5      | 1      | 3,24   | 2,01    | 2,01     |
| $c_i, кН/м$   | 15,2    | 15,2   | 15,2  | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 15,2   | 7,6    | 7,6    | 7,6    | 17,2   | 17,2   | 17,2   | 17,2    | -        |
| $c_i^* \bar{h}_i, кН$                                 | 17,48   | 15,2   | 20,52 | 20,52  | 15,2   | 17,48  | 60,8   | 60,8   | 60,8   | 30,4   | 30,4   | 38     | 17,2   | 55,728 | 34,572 | 34,572  | -        |
| $\bar{h}^* N_i + c_i^* \bar{h}_i + T_{ymp_i}, кН$     | 64,797  | 46,43  | 145,8 | 104,85 | 87,344 | 247,41 | 123,29 | 284,04 | 341,91 | 280,35 | 425,79 | 282,01 | 225,44 | 226,22 | 278,41 | 83,941  | 3164,088 |
| $T_{зс_i}, кН$  | 0       | 0  | 0     | 171,41 | 240,29 | 364,29 | 87,742 | 394,71 | 372,96 | 221,54 | 102,54 | 18,846 | 13,399 | 33,167 | 96,571 | 31,208  | 2117,458 |
| $R, м$  | 35,07   |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $кН/м^2$  | 19,39   |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $\gamma'' кН/м^3$                                     | 5,573   |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $\gamma''' кН/м^3$                                    | 15,276  |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $K$   | 1,4943  | -отриманий за розрахунком коефіцієнт стійкості |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $\varphi$ (град)                                      | 29      |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $\varphi_{вод}$ (град)                                | 21,75   |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |
| $\varphi_{осн}$ (град)                                | 30      |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |          |

Таблиця 1. Розрахунок коефіцієнту стійкості.