

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

ННЦ «Мости і тунелі»

(назва факультету/ННЦ)

«Транспортна інфраструктура»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

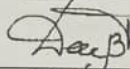
на тему: Обґрунтування конструкції та технологія спорудження нерозрізної
металевої прогонової будови під навантаження С14 прогоном 150 м.

за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студентка групи: МТ1811



(підпис студента)

/ Дар'я ПЕТРОВА /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:



(підпис)

/ доц. Сергій КЛЮЧНИК /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:



(підпис)

/ ст. викл. / Павло

ОВЧИННИКОВ

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях

(назва розділу)



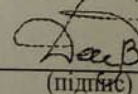
(підпис)

/ зав. каф. Олег САБЛІН /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент



(підпис)

Дніпро – 2022 рік

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

Bridges and tunnels
(faculty/TRC)

"Transport infrastructure"
(department)

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

on the topic: Rationale for design and construction technology of continuous metal girder structure with a span of 150 m under C14 load

according to educational curriculum Bridges and vehicular traffic tunnels
in the Specialization: 192 Building and civil engineering

(Specialization and its code)

Done by the student of the group: MT19130 / Daria PETROVA /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Docent. Sergij KLUCHNIK /
(position, name, surname)

Normative controller : / Senior Lect. Pavlo
OVCHINNYKOV/
(position, name, surname)

Supervisors
Occupational health
and safety in emergencies
(Chapter title heading)

/ Docent Yurii ZAYAC /
(position, name, surname)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

ННЦ «Мости і тунелі» Кафедра «Транспортна інфраструктура»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ОПП «Мости і транспортні тунелі»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»:

Завідувач кафедри ТІ

_____ Олексій ТЮТ'КІН

« _____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

до випускної кваліфікаційної роботи на здобуття ОС «бакалавр»

студентки МТ 1811 Петрової Дар'ї Василівни

(номер групи)

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема ВКР на здобуття ОС «бакалавр» Обґрунтування конструкції та технологія спорудження нерозрізної металевої прогонової будови під навантаження С14 прогоном 150 м.

затверджена наказом по університету №71Вст від «27» жовтня 2021 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 30.05.2022 р.

3. Вихідні дані до ВКР на здобуття ОС «бакалавр»

1. Профіль мостового переходу з геологічною ситуацією та гідрологічні умови.
2. Матеріал: Сталь 10 ХСНД
3. Розрахункове навантаження С14.
4. Норми проектування – ДБН В.2.3-14:2006 «Споруди транспорту».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки)

1. Розробка і техніко-економічне порівняння варіантів.
2. Розрахунок, конструювання прогонової будови, опор, фундаментів.
3. Проект організації робіт по будівництву моста.
4. Охорона праці.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу)

1. Варіанти моста 1 арк.
2. Конструкція прогонових будов: 2 арк.
3. Конструкція фундаментів і опор: 1 арк.
4. Проект проведення робіт зі спорудження фундаментів та опор: 1 арк.
5. Проект проведення робіт з монтажу прогонових будов: 1 арк.

6. Консультанти (з назвами розділів)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доцент Заяць Ю.Л.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу ВКР на здобуття ОС «бакалавр»	Термін виконання розділу ВКР	Примітка (обсяг розділу, %)
1.	Розробка і техніко-економічне порівняння підсилення балок	28.02.2022 – 20.03.2022	30
2.	Розрахунок прогонових будов мосту, конструювання	21.03.2022 – 10.04.2022	60
3.	Розрахунок опор, фундаментів мосту.	11.04.2022 – 01.05.2022	80
4.	Проект організації робіт з будівництва фундаментів, опор, прогонових будов. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	02.05.2022 – 22.05.2022	90
5	Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Оформлення ВКР.	23.05.2022 – 05.06.2022	100
6	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	06.06.2022 – 12.06.2022	
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2022	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.06.2022	

Дата видачі завдання « » 2022 р.

Керівник ВКР

(підпис)

Сергій КЛЮЧНИК

(Ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Дар'я ПЕТРОВА

(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота представлена на 106 сторінка та містить 50 рисунків, - таблиць, 14 літературних джерел та креслень.

Об'єкт розробки: металева прогонова споруда з наскрізними фермами з їздою низом довжиною 150 м.

Мета роботи: обґрунтування конструкції та технологія спорудження нерозрізної металевої прогонової будови під навантаження С14_прогоном 150 м

Робота складається із 5 розділів. У першому розділі виконується складання варіантів металевого мосту та порівняння варіантів металевих ферм 150м. У другому розділі виконується розрахунок балок проїзної частини. У третьому розділі виконується розрахунок головних ферм та в'язів між ними. У четвертому розділі розглядається технологія спорудження опор та монтаж прогонової будови 150 м. на плавучих опорах У п'ятому розділі розглядається охорона праці та безпека під час надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: мости, прогонова будова, визначення зусилля, згинальний момент, охорона праці.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 СКЛАДАННЯ ВАРІАНТІВ МЕТАЛЕВОГО МОСТА	9
1.1. Вихідні дані.....	9
1.2. Характеристика району будівництва	9
1.3. Гідрологічні умови.....	10
1.4. Геологічні умови	10
1.5. Складання схем	10
1.6. Порівняння варіантів прогонових будов	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК БАЛОК ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ	19
2.1. Розрахунок поздовжніх балок проїзної частини	19
2.1.1. Вибір розрахункової схеми, визначення навантажень та зусиль	19
2.1.2. Підбір перерізу поздовжньої балки	22
2.1.3. Перевірка перерізу балки на міцність за нормальними напруженнями	23
2.1.4. Перевірка перерізу балки за нормальними напруженнями на витривалість	24
2.1.5. Перевірка перерізу балки за дотичними напруженнями.....	25
2.1.6. Перевірка стінки балки при сумісній дії нормальних та дотичних напружень	26
2.1.7. Розрахунок поясних швів поздовжньої балки	27
2.1.8. Розміщення ребер жорсткості та визначення їх розмірів.....	28

2.1.9. Поздовжні та поперечні в'язі між поздовжніми балками	29
2.2.1. Визначення навантажень и зусиль	33
2.2.2. Підбір перерізу поперечної балки	35
2.2.3. Перевірка перерізу балки на міцність за нормальними напруженнями	36
2.2.4. Перевірка перерізу балки за нормальними напруженнями на витривалість	37
2.2.5. Перевірка перерізу балки за дотичними напруженнями	37
2.2.6. Перевірка стінки балки при сумісній дії нормальних та дотичних напружень	38
2.3. Розрахунок прикріплення балок проїзної частини	39
2.3.1. Розрахунок прикріплення поздовжньої балки до поперечної	39
2.3.2. Розрахунок прикріплення поперечної балки до ферми	40
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ГОЛОВНИХ ФЕРМ ТА В'ЯЗІВ МІЖ НИМИ	42
3.1. Вибір розрахункової схеми для розрізних прогонових споруд	42
3.2. Визначення зусиль в елемента головних ферм від постійного та тимчасового вертикального навантаження	42
3.2.1. Характеристики ліній впливу	44
3.2.2. Збір навантажень та зусиль	47
3.3. Розрахунки вітрових ферм на вітрове навантаження	53
3.3.1. Визначення розрахункових горизонтальних навантажень від тиску вітру на верхню та нижню вітрові ферми	53
3.3.2. Визначення додаткових зусиль в поясах головних ферм від тиску вітру	54

3.4. Гальмівні зусилля	57
3.5. Основне сполучення навантажень	57
3.6. Додаткове сполучення навантажень.....	60
3.7. Підбір та перевірки перерізу елементів головних ферм	60
3.8.2. Перевірка фасонки на виколування. Розрахунок товщин фасонки ...	81
3.8.3. Розрахунок товщин стикових накладок. Визначення кількості болтів прикріплення	84
РОЗДІЛ 4 ПРОЕКТ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ МОСТА.....	87
4.2. Технологія спорудження опори	87
4.3. Перевезення прогонових будов на плавучих опорах	92
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	97
5.1 Вимоги безпеки праці під час влаштування металеві нерозрізної прогонової будови на автодорожніх мостах.....	97
5.1.1 Машини і механізми які використовуються під час влаштування металевої прогонової будови на автодорожніх мостах	97
5.1.2 Роботи при влаштуванні металеві нерозрізної прогонової будови на автодорожніх мостах.....	97
5.1.3 Опис небезпечних та шкідливих факторів	97
5.1.4 Вимоги безпеки.....	98
5.2 Дії працівників в аварійних ситуаціях	103
ВИСНОВОК.....	105
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	106

ВСТУП

Металеві конструкції в умовах сучасного будівництва мають велике значення. Металеві мости – капітальні споруди, які мають ряд важливих особливостей і переваг. Їх конструкції дозволяють легке розділення на окремі блоки або елементи, які виготовляють на заводах індустріальними методами з великою точністю та ступенем стандартизації. Виготовлені на заводах частини конструкції мають високий ступінь готовності як до монтажу на місці будівництва моста, так і до попередньої часткової збірки.

Масу монтажних блоків металевих конструкцій легко узгоджувати з вантажністю кранового обладнання яке є на будівельному майданчику, а габарити блоків – з можливістю використання тих чи інших транспортних засобів.

Системи та конструкції металевих мостів дуже різноманітні. Загальними системами металевих мостів являються балочні, рамні, арочні, комбіновані, які мають в свою чергу багато різновиду. Метал використовують також в конструкціях з наскрізними фермами, а також в висячих та вантових мостах. Металеві мости одержали широке застосування, прогоновими будовами із металу можна перекривати великі прольоти.

РОЗДІЛ 1

СКЛАДАННЯ ВАРІАНТІВ МЕТАЛЕВОГО МОСТА

Згідно завдання було запроєктовано три варіанти мостового переходу за попередньо визначеними схемами з використанням металевих прогонових будов, монолітних бетонних опор і стоянів. В фундаментах опор використовуються типові призматичні залізобетонні палі. За складеними варіантами мостового переходу були визначені об'єми залізобетону та металу. Після обґрунтування варіантів був вибраний один більш доцільний для даних умов.

1.1. Вихідні дані

1. Район будівництва – м. Хум,
2. Вітровий район – 5.
3. Клас річки – VI.
4. Тип мосту – залізничний.
5. Розрахункове навантаження – С14.
6. Матеріал прогінних будівель – 10ХСНД.
7. Отвір мосту – 430 м.

1.2. Характеристика району будівництва

Середня річна температура становить 11,96°C, середня максимальна – 25,11°C, а середня мінімальна – -1,72°C. Середня річна кількість опадів – 1247 мм

Клімат поселення												[сховати]
Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
Середній максимум, °C	9,12	9,70	12,39	16,04	20,61	24,35	25,11	24,74	20,46	16,21	11,42	8,55
Середня температура, °C	3,71	4,29	6,97	10,62	15,20	18,94	21,34	20,96	16,68	12,44	7,64	4,77
Середній мінімум, °C	-1,72	-1,13	1,56	5,22	9,77	13,51	17,56	17,17	12,90	8,64	3,85	0,98
Норма опадів, мм	94	76	92	104	90	106	74	100	107	138	146	120
Середньомісячна швидкість вітру, м/с	1.89	2.17	2.36	2.34	2.13	2.04	1.98	1.94	1.90	2.06	2.11	2.05
Середньомісячна сонячна радіація, кДж/м²·день	4496	7365	10570	14765	18994	20566	21612	18534	13929	8961	4890	3739
Джерело: [3][4]												

Рисунок 1.1 – Характеристика району будівництва

1.3. Гідрологічні умови

Річка VI класу є судноплавною, клас водних шляхів згідно ДСТУ Б.В.2.3-1-95 [2]. Відповідно габарити мають обрис, показаний на рис. 1.1.

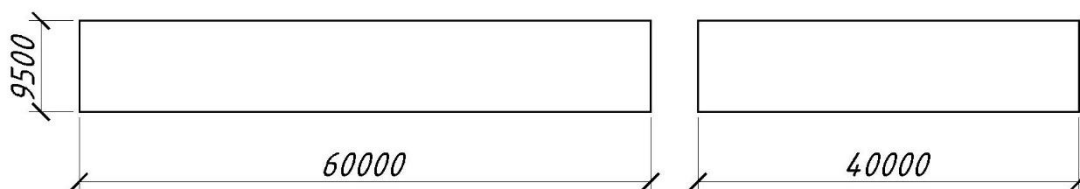


Рисунок 1.2 – Судноплавні габарити річки (мм)

Характеристика річки

1. Рівень високих вод (РВВ) – 100,8 м.
2. Розрахунковий судноплавний рівень (РСР) – 100,3 м.
3. Меженний рівень води (РМВ) – 95,0 м.
4. Ширина русла на рівні: РВВ $\approx$ 606 м, РСР $\approx$ 590 м, РМВ $\approx$ 372 м.
5. Глибина річки – 4 ÷ 9,8 м.

1.4. Геологічні умови

Перший шар, ліва і права заплава – супісок, середня потужність ~ 16 і ~ 9 м відповідно.

Другий шар – крупний пісок, середня потужність ~ 13 м.

Третій шар, права заплава – мергель, середня потужність ~ 11 м.

Другий шар – піщаник, середня потужність > 65 м.

1.5. Складання схем

Для перекриття судноплавних габаритів доцільно використовувати металеві прогонові споруди з наскрізними фермами з їздою низом за типовими проектами №563/1-4, №690/1-8, №847 Діпротрансмоста.

Для того щоб обрати кращі варіанти мосту було складено 3 схем.

Фактичний отвір мосту має бути не менше заданого на 2%, і не більше ніж на 5%.

Визначення довжини конусів насипу:

$$PCP = PVB - 0,5 = 100,8 - 0,5 = 100,3 \text{ м}; \quad (1.1)$$

$$ПР = PCP + h_{\Gamma} + h_{\text{буд}} + h_{\text{мп}} = 100,3 + 9,5 + 1,85 + 0,5 = 112,15 \text{ м}; \quad (1.2)$$

$$БН = ПР - 0,9 = 112,15 - 0,9 = 111,25 \text{ м}; \quad (1.3)$$

$$h_{\text{нас}} = БН - РГ = 111,25 - 96 = 15,25 \text{ м}; \quad (1.4)$$

$$C = 1,5 \cdot h_{\text{нас}} = 1,5 \cdot 15,25 = 22,87 \text{ м}, \quad (1.5)$$

де PCP – розрахунковий судноплавний рівень;

ПР – підшва рейки;

h_{Γ} – висота підмостового габариту;

$h_{\text{буд}}$ – будівельна висота прогону над підмостовим габаритом;

$h_{\text{мп}}$ – умовна висота мостового полотна до головки рейки;

БН – бровка насипу;

$h_{\text{нас}}$ – висота конусів насипу;

РГ – рівень ґрунту під конусом насипу;

C – довжина конусів насипу.

Схема 1.

Сума повних довжин прогонів:

$$\sum L_{\Pi} = 34,28 \cdot 6 + 111,14 + 150 = 466,82 \text{ м}. \quad (1.5)$$

Фактичний отвір мосту:

$$L_{\text{отв}}^{\Phi} = \sum L_{\Pi} + \Delta \cdot n_{\Delta} - l_{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}} - 2 \cdot C = 466,82 + 0,15 \cdot 9 - 3 \cdot 7 - 2 \cdot 22,12 = 444,93 \text{ м}, \quad (1.6)$$

де Δ – деформацій зазор;

$n_{\text{оп}}$ – кількість деформаційних зазорів;

$l_{оп}$ – довжина проміжної опори вздовж мосту;

$n_{оп}$ – кількість проміжних опор.

Перевірка умови:

$$\delta = \frac{L_{отв}^{\phi} - L_{отв}^T}{L_{отв}^{\phi}} \cdot 100\% = \frac{444,93 - 430}{444,93} \cdot 100\% = 3,47\%; \quad (1.6)$$

$$-2 \leq 3,47 \leq 5 - \text{умова виконана.}$$

Схема 2.

Сума повних довжин прогонів:

$$\sum L_{п} = 34,28 \cdot 6 + 111,14 + 150 = 466,82 \text{ м.} \quad (1.7)$$

Фактичний отвір мосту:

$$L_{отв}^{\phi} = \sum L_{п} + \Delta \cdot n_{\Delta} - l_{оп} \cdot n_{оп} - 2 \cdot C = 466,82 + 0,15 \cdot 9 - 3 \cdot 7 - 2 \cdot 22,12 = 444,93 \text{ м,} \quad (1.8)$$

де Δ – деформацій зазор;

$n_{оп}$ – кількість деформаційних зазорів;

$l_{оп}$ – довжина проміжної опори вздовж мосту;

$n_{оп}$ – кількість проміжних опор.

Перевірка умови:

$$\delta = \frac{L_{отв}^{\phi} - L_{отв}^T}{L_{отв}^{\phi}} \cdot 100\% = \frac{444,93 - 430}{444,93} \cdot 100\% = 3,47\%; \quad (1.9)$$

$$-2 \leq 3,47 \leq 5 - \text{умова виконана.}$$

Схема 3.

Сума повних довжин прогонів:

$$\sum L_{п} = 34,28 \cdot 6 + 111,14 + 150 = 466,82 \text{ м.} \quad (1.10)$$

Фактичний отвір мосту:

$$L_{\text{отв}}^{\phi} = \sum L_{\Pi} + \Delta \cdot n_{\Delta} - l_{\text{оп}} \cdot n_{\text{оп}} - 2 \cdot C = 466,82 + 0,15 \cdot 9 - 3 \cdot 7 - 2 \cdot 22,12 = 444,93 \text{ м}, \quad (1.11)$$

де Δ – деформацій зазор;

$n_{\text{оп}}$ – кількість деформаційних зазорів;

$l_{\text{оп}}$ – довжина проміжної опори вздовж мосту;

$n_{\text{оп}}$ – кількість проміжних опор.

Перевірка умови:

$$\delta = \frac{L_{\text{отв}}^{\phi} - L_{\text{отв}}^T}{L_{\text{отв}}^{\phi}} \cdot 100\% = \frac{444,93 - 430}{444,93} \cdot 100\% = 3,47\%; \quad (1.11)$$

$-2 \leq 3,47 \leq 5$ – умова виконана.

Усі схеми графічно наведені на рис. 1.3.

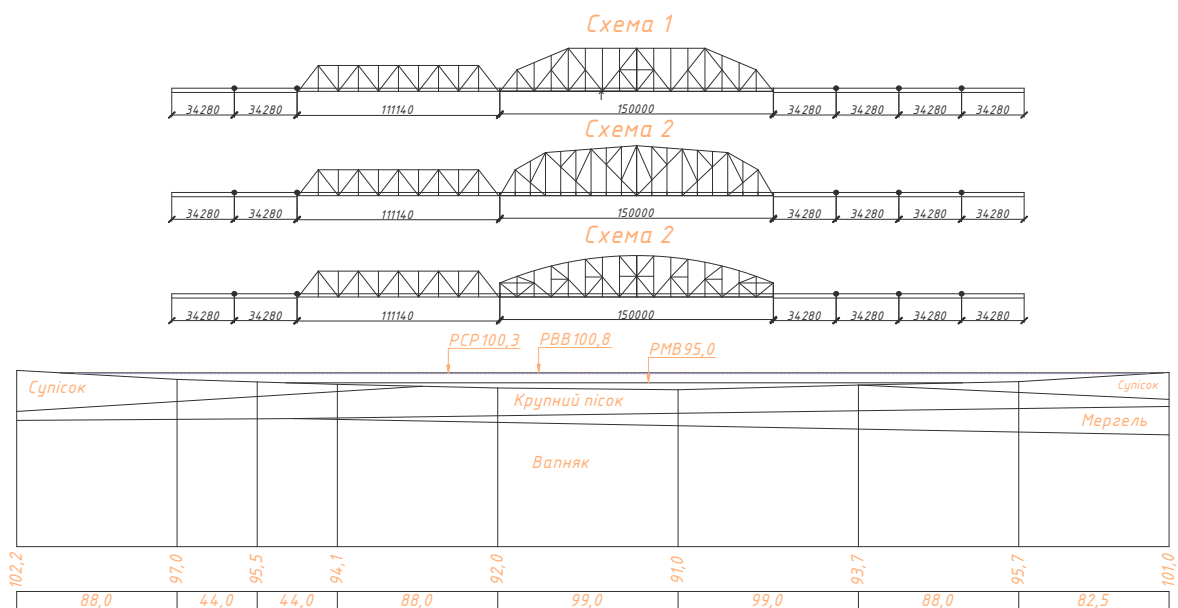


Рисунок 1.3 – Складені схеми варіанті

1.6.Порівняння варіантів прогонових будов

Перший варіант прогонової будови

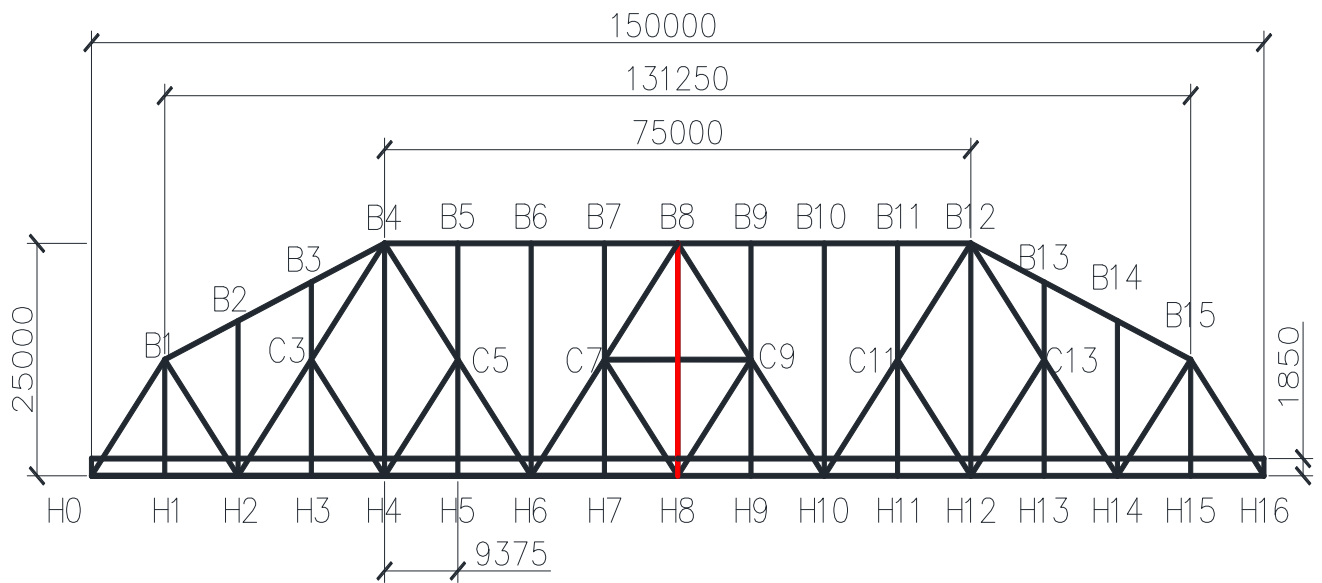


Рисунок 1.4 – Фасад ферми першого варіанту

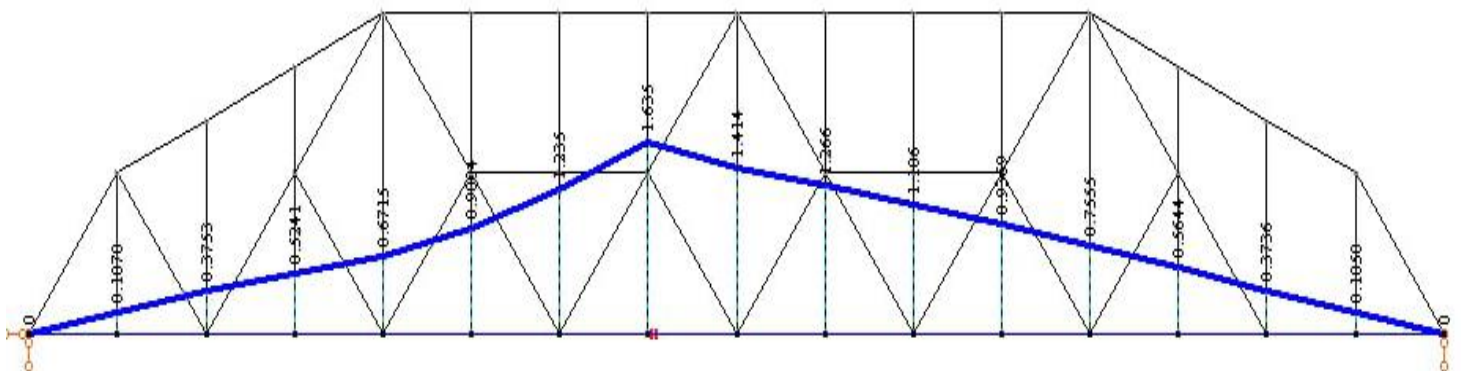


Рисунок 1.5 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми H0-B1;
Площа лінії впливу $S=67.138 \text{ м}^2$

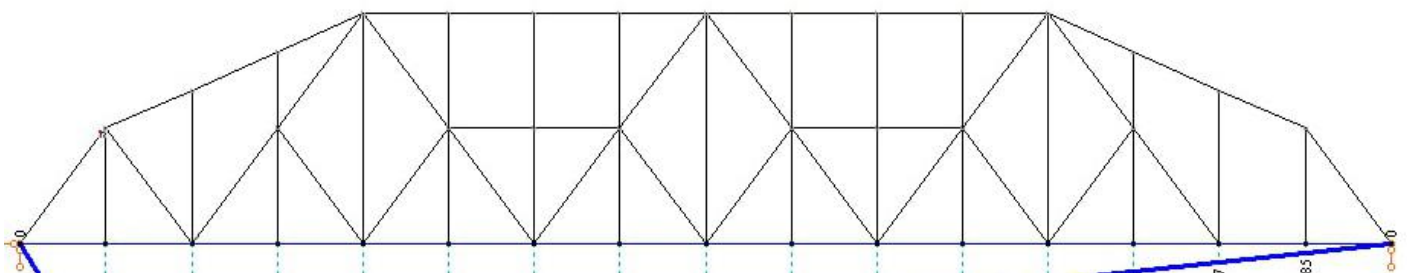


Рисунок 1.6 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми Н7-Н8

Площа лінії впливу $S=112.21 \text{ м}^2$

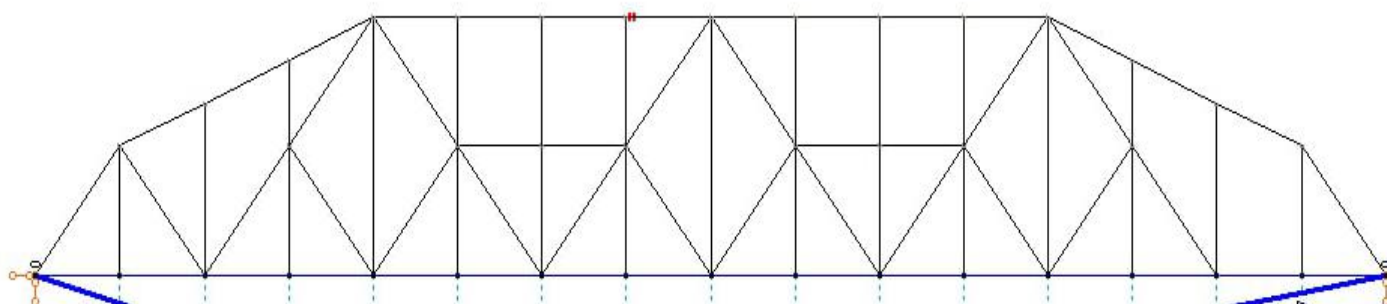


Рисунок 1.7 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми В7-В8

Площа лінії впливу $S=107.31 \text{ м}^2$

Другий варіант прогонової будови

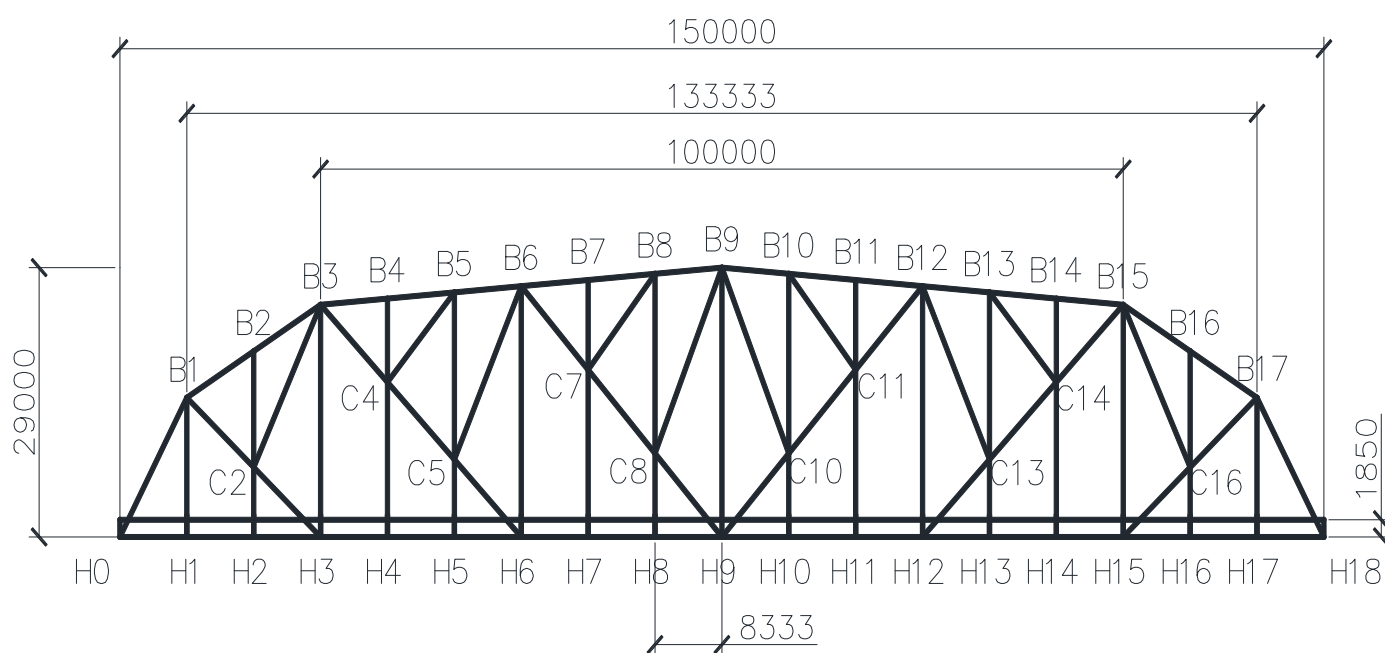


Рисунок 1.8- – Фасад ферми другого варіанту

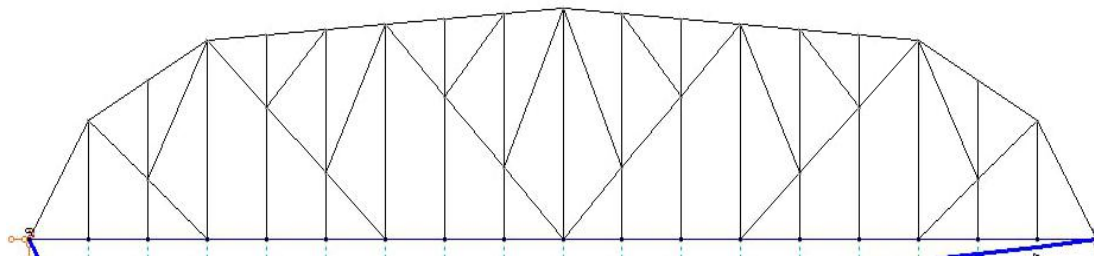


Рисунок 1.9 Лінія впливу зусиль в елементі ферми Н0-В1

Площа лінії впливу $S=72.32 \text{ м}^2$

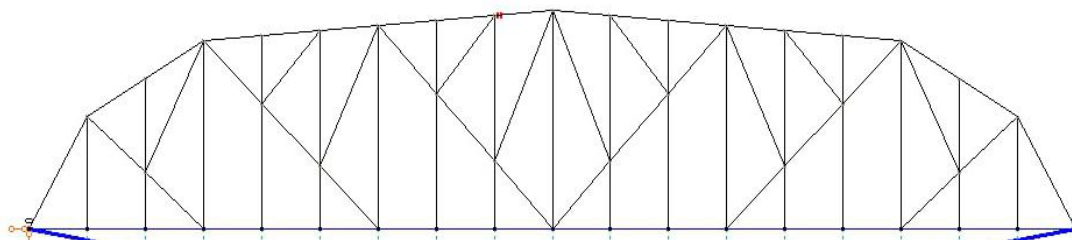


Рисунок 1.10 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми В8-В9;

Площа лінії впливу $S=100.69 \text{ м}^2$

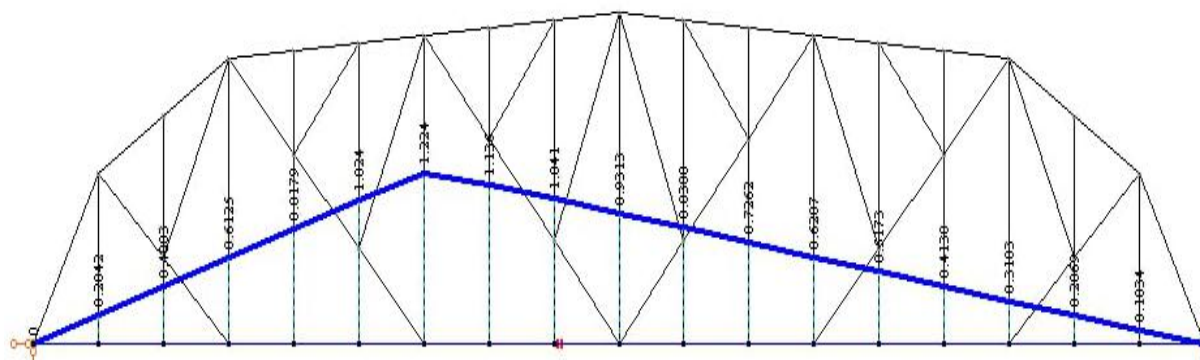


Рисунок 1.11 –Лінія впливу зусиль в елементі ферми Н8-Н9

Третій варіант прогонової будови

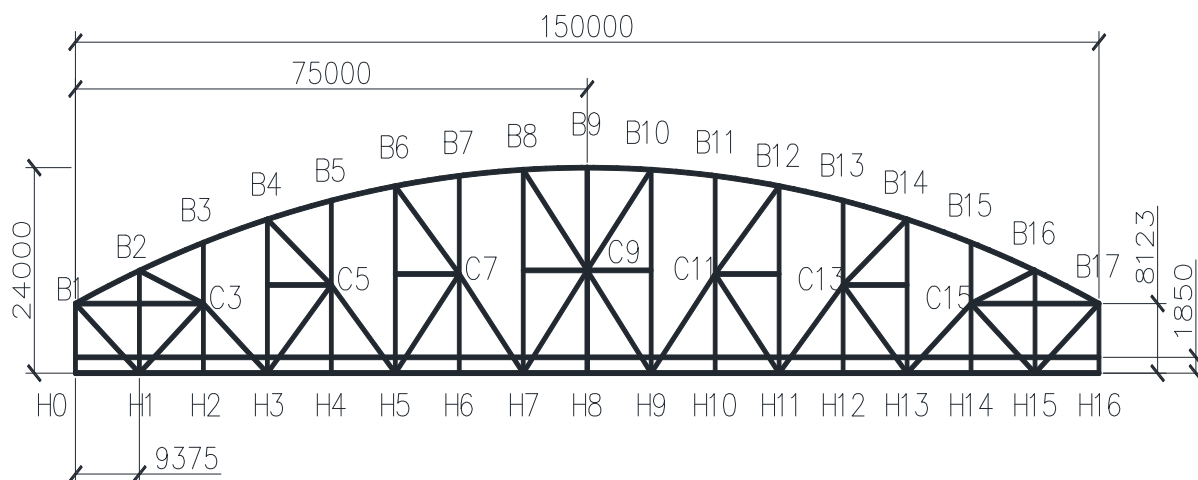


Рисунок 1.12 – Фасад ферми третього варіанту

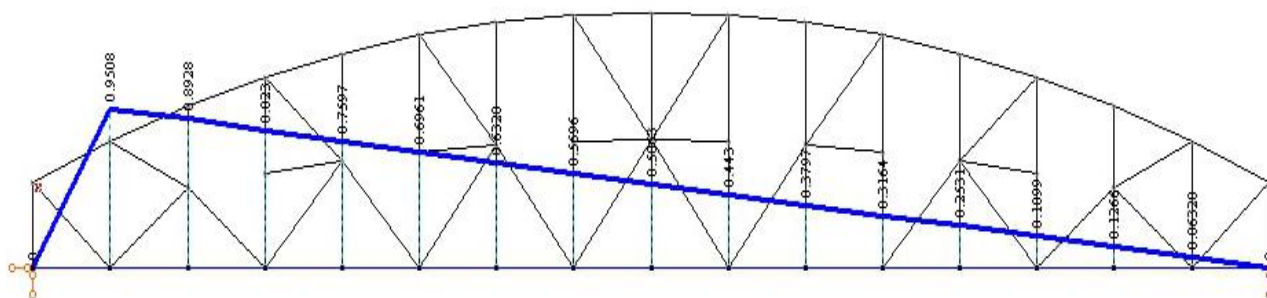


Рисунок 1.13 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми B1-B2
Площа лінії впливу $S=63,03\text{м}^2$

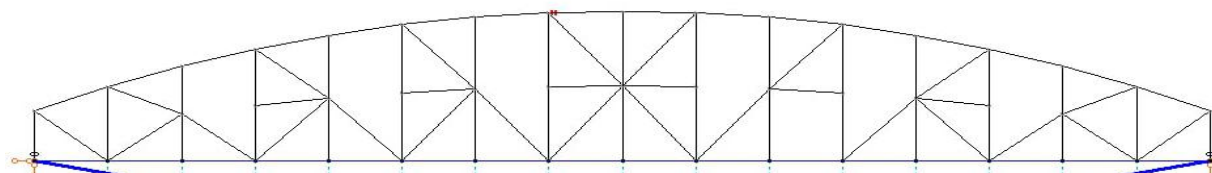


Рисунок 1.14 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми B8-B9;

Площа лінії впливу $S=118,06\text{м}^2$

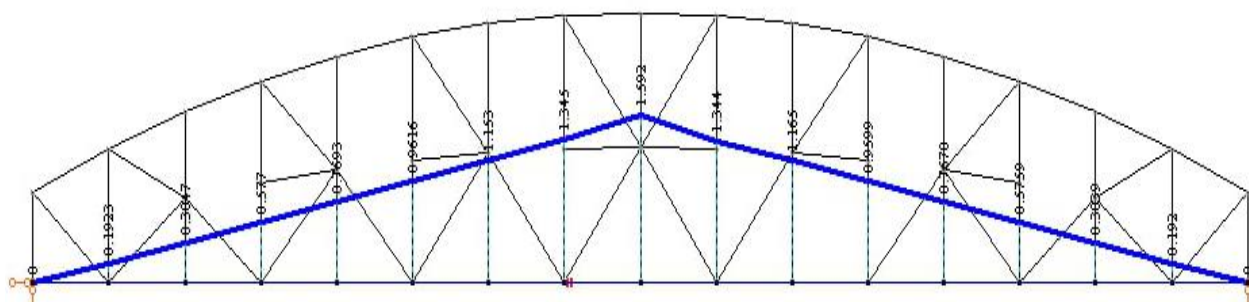


Рисунок 1.15 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми Н7-Н8

Площа лінії впливу $S=115,14\text{м}^2$

Побудувавши лінії впливу трьох варіантів та підрахувавши їх площу бачимо, що другий варіант прогонової будови має найменшу площу ліній впливу. Зважаючи на все вище сказане робим висновок, що другий варіант прогонової будови є найдоцільнішим. До подальшого розрахунку беремо другий варіант прогонової будови.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК БАЛОК ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ

2.1. Розрахунок поздовжніх балок проїзної частини

2.1.1. Вибір розрахункової схеми, визначення навантажень та зусиль

Проїзна частина прогонової будови із наскрізними фермами складається з поперечних балок, які знаходяться між головними фермами в кожному з вузлів, двох ниток поздовжніх балок, розміщених симетрично відносно осі прогонової будови та мостового полотна (рис. 2.1).

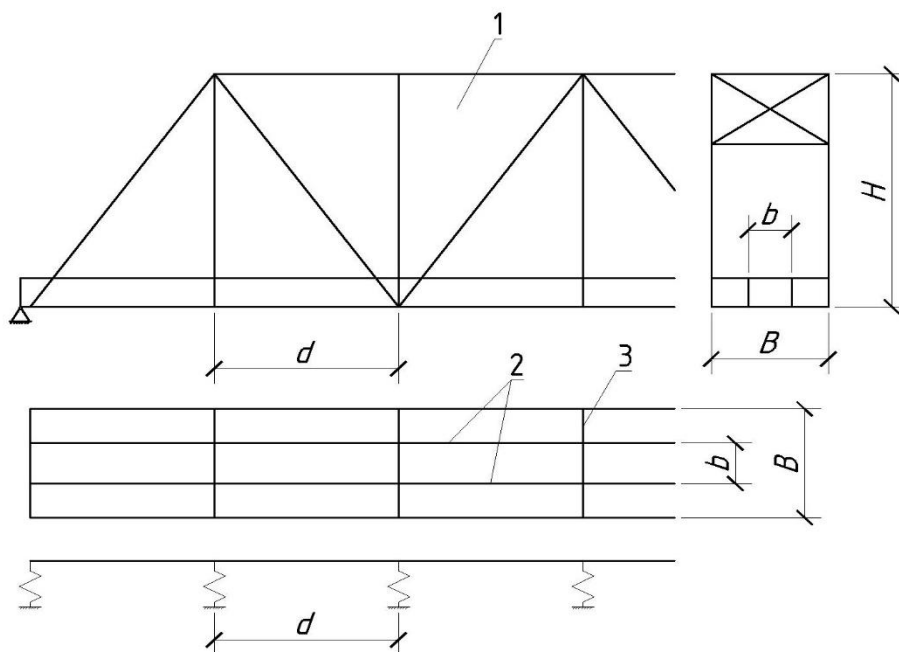


Рисунок 2.1 – Схема до розрахунків балок проїзної частини. 1 – ферма; 2 – поздовжні балки; 3 – поперечні балки

За характером спряження з поперечними балками поздовжні розглядаються як нерозрізні на пружних опорах з прольотом, рівним довжині панелі d .

Для визначення зусиль M і Q на міцність і витривалість будуються лінії впливу для небезпечних перерізів балки (рис. 2.2).

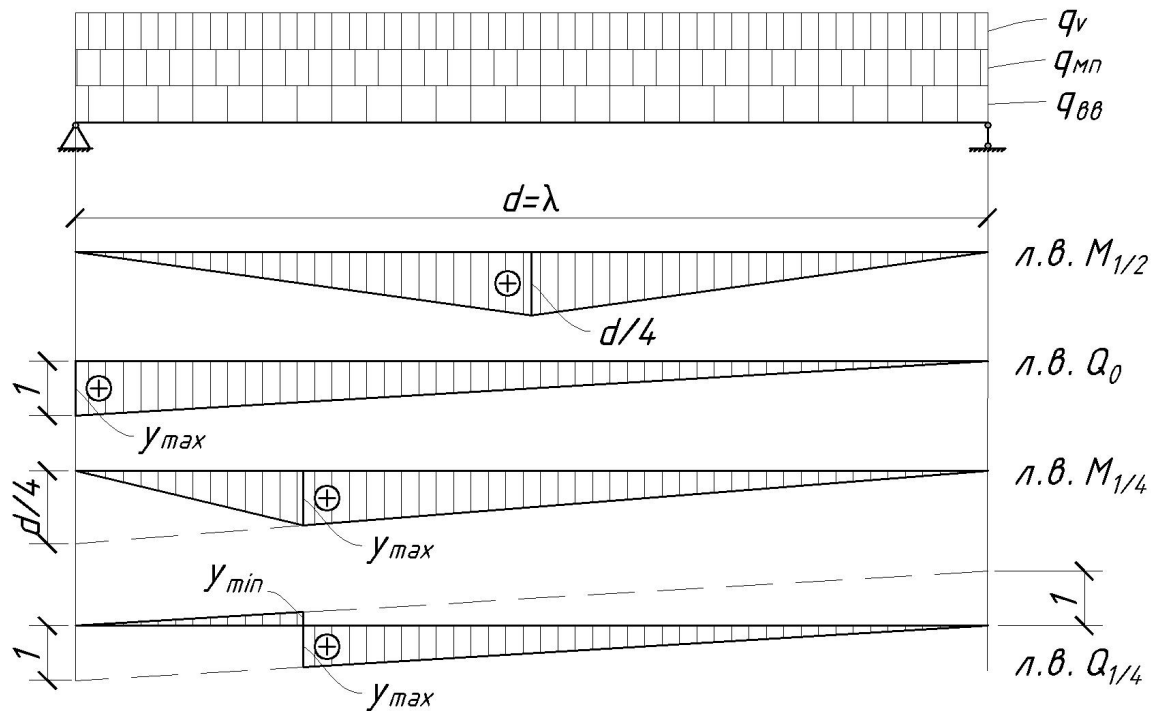


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема поздовжньої балки

Нормативна величина інтенсивності власної ваги балки:

$$q_{\text{вв}}^{\text{н}} = 0,2 \cdot d + 1 = 0,2 \cdot 8,33 + 1 = 2,6 \text{ кН/м}, \quad (2.1)$$

де d – довжина панелі (м).

Нормативна величина інтенсивності мостового полотна:

$$q_{\text{мп}}^{\text{н}} = \frac{22,7}{2} = 11,35 \text{ кН/м}. \quad (2.2)$$

Нормативна величина інтенсивності тимчасового навантаження:

- при $\alpha = 0$, $v = 18,17 \text{ кН/м}$:

$$q_{v,0}^{\text{н}} = \frac{v \cdot K}{2} = \frac{18,17 \cdot 14}{2} = 127,19 \text{ кН/м}; \quad (2.3)$$

- при $\alpha = 0,25$, $v = 17,03 \text{ кН/м}$:

$$q_{v,0,25}^{\text{н}} = \frac{v \cdot K}{2} = \frac{17,03 \cdot 14}{2} = 119,21 \text{ кН/м}; \quad (2.4)$$

- при $\alpha = 0,5$, $v = 15,89$ кН/м:

$$q_{v,0,5}^H = \frac{v \cdot K}{2} = \frac{15,98 \cdot 14}{2} = 111,23 \text{ кН/м.} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт надійності для тимчасового навантаження:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 8,33 = 1,275. \quad (2.6)$$

Коефіцієнт динамічності для тимчасового навантаження:

$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda} = 1 + \frac{18}{30 + 8,33} = 1 + 0,47. \quad (2.7)$$

Коефіцієнт для розрахунку на витривалість, який залежить від довжини лінії впливу:

$$\varepsilon = 1.$$

Характеристики ліній впливу:

$$\omega_{1/2} = \frac{1}{2} \cdot y_{\max} \cdot \lambda = \frac{1}{2} \cdot 2,08 \cdot 8,33 = 8,68 \text{ м}^2 - \text{площа л. в. } M_{1/2},$$

$$\text{де } y_{\max} = \frac{1}{4} \cdot \lambda = \frac{1}{4} \cdot 8,33 = 2,08 \text{ м} - \text{максимальне значення л. в. } M_{1/2};$$

$$\omega_0 = \frac{1}{2} \cdot y_{\max} \cdot \lambda = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 8,33 = 4,17 \text{ м}^2 - \text{площа л. в. } Q_0,$$

$$\text{де } y_{\max} = 1 - \text{максимальне значення л. в. } Q_0;$$

$$\omega_{1/4} = \frac{1}{2} \cdot y_{\max} \cdot \lambda = \frac{1}{2} \cdot 1,56 \cdot 8,33 = 6,51 \text{ м}^2 - \text{площа л. в. } M_{1/4},$$

$$\text{де } y_{\max} = \frac{3}{4} \cdot \frac{\lambda}{4} = \frac{3}{4} \cdot \frac{8,33}{4} = 1,56 \text{ м} - \text{максимальне значення л. в. } M_{1/4};$$

$$\omega_{1/4} = \omega_{1/4,\max} + \omega_{1/4,\min} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \lambda \cdot y_{\max} + \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \cdot y_{\min} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot 8,33 \cdot \frac{3}{4} + \left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot 8,33 \cdot \frac{1}{4} \right) = 2,083 \text{ м}^2 - \text{площа л. в. } Q_{1/4} \text{ з урахуванням знаків};$$

$$\text{де } y_{\max} = \frac{3}{4}, \quad y_{\min} = \frac{1}{4}, - \text{відповідно максимальне і мінімальне значення л. в. } Q_{1/4}.$$

Розрахункові зусилля:

$$M_{\max}^M = \omega_{1/2} \cdot (q_{BB}^H \cdot \gamma_f + q_{МП}^H \cdot \gamma_f + q_{v,0,5}^H \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu)) = 8,67 \cdot (2,66 + 11,35 \cdot 1,1 + 111,23 \cdot 1,275 \cdot 1 + 0,469) = 1942,83 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.8)$$

$$Q_{\max}^M = \omega_0 \cdot (q_{BB}^H \cdot \gamma_f + q_{МП}^H \cdot \gamma_f + q_{v,0}^H \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu)) = 4,16 \cdot (2,66 \cdot 1,1 + 11,35 \cdot 1,1 + 127,19 \cdot 1,275 \cdot 1 + 0,469) = 1057,19 \text{ кН}; \quad (2.9)$$

$$M_{\max}^B = \omega_{1/2} \cdot (q_{BB}^H + q_{МП}^H + q_{v,0,5}^H \cdot \varepsilon \cdot (1 + \frac{2}{3} \cdot \mu)) = 8,67 \cdot (2,66 + 11,35 + 111,23 \cdot 1,1 + 23 \cdot 0,469) = 1389,37 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.10)$$

$$M_{\min}^B = \omega_{1/2} \cdot (q_{BB}^H + q_{МП}^H) = 8,67 \cdot (2,66 + 11,35) = 121,66 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.11)$$

$$M_{\max,1/4}^M = \omega_{1/4} \cdot (q_{BB}^H \cdot \gamma_f + q_{МП}^H \cdot \gamma_f + q_{v,0,25}^H \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu)) = 6,50 \cdot (2,66 \cdot 1,1 + 11,35 \cdot 1,1 + 119,21 \cdot 1,275 \cdot 1 + 0,469) = 1554,46 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad (2.12)$$

$$Q_{\max,1/4}^M = \omega_{1/4} \cdot (q_{BB}^H + q_{МП}^H + q_{v,0,25}^H \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu)) = 2,08 \cdot (2,66 + 11,35 + 119,21 \cdot 1,275 \cdot 1 + 0,459) = 494,53 \text{ кН}. \quad (2.13)$$

2.1.2. Підбір перерізу поздовжньої балки

Поздовжня балка конструюється у вигляді зварного симетричного двотавра, поперечний переріз якого складається з двох горизонтальних листів (поясів) та одного вертикального листа (стілки) (рис. 2.3).

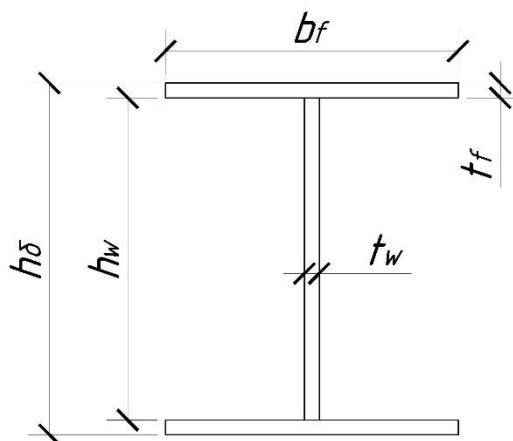


Рисунок 2.3 – Поперечний переріз поздовжньої балки

Приймаємо такі геометричні характеристики поперечного перерізу поздовжньої балки:

$$h_6 = \frac{1}{7} \cdot d = \frac{1}{7} \cdot 8,33 = 1,19 \approx 1,2 \text{ м}, \quad t_w = 0,012 \text{ м}, \quad b_f = 0,26 \text{ м}. \quad (2.14)$$

Товщина полиці балки:

$$t_f = \frac{2,1}{(b_f - t_w) \cdot h_6^2} \cdot \left(\frac{M_{\max}^M}{R_y \cdot m} \cdot \frac{h_6}{2} - \frac{t_w \cdot h_6^3}{12} \right) = \frac{2,1}{(0,26 - 0,012) \cdot 1,2^2} \cdot \left(\frac{1942,82}{350000 \cdot 0,9} \cdot \frac{1,2}{2} - \frac{0,012 \cdot 1,2^3}{12} \right) = 0,0116 \text{ м} \approx 0,012 \text{ м}. \quad (2.15)$$

Висота стінки балки:

$$h_w = h_6 - 2 \cdot t_f = 1,2 - 2 \cdot 0,012 = 1,176 \text{ м}. \quad (2.16)$$

Перераховуємо висоту балки:

$$h_6 = h_w + 2 \cdot t_f = 1,176 + 2 \cdot 0,012 = 1,2 \text{ м}. \quad (2.17)$$

Момент інерції:

$$I = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_6 - t_f}{2} \right)^2 \right) = \frac{0,012 \cdot 1,176^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{0,26 \cdot 0,012^3}{12} + 0,26 \cdot 0,012 \cdot 1,2 - 0,01222 = 0,0038 \text{ м}^4. \quad (2.18)$$

Момент опору бруто:

$$W_{br} = \frac{I}{\frac{h_6}{2}} = \frac{0,00668}{\frac{1,2}{2}} = 0,00638 \text{ м}^3. \quad (2.19)$$

Момент опору нетто:

$$W_{nt} = 0,85 \cdot W_{br} = 0,85 \cdot 0,00638 = 0,00638 \text{ м}^3. \quad (2.20)$$

2.1.3. Перевірка перерізу балки на міцність за нормальними напруженнями

$$\sigma = \frac{M_{\max}^M}{\chi_1 \cdot W_{nt}} \leq R_y \cdot m.$$

Знаходження коефіцієнта χ_1 для врахування часткового допущення в балках пластичних деформацій:

$$A = h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 1,2 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,26 \cdot 0,012 = 0,0206 \text{ м}^2 - \text{площа перерізу балки}; \quad (2.21)$$

$$A_f = b_f \cdot t_f = 0,26 \cdot 0,012 = 0,00312 \text{ м}^2 - \text{площа поясу балки}; \quad (2.22)$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 1,176 \cdot 0,010 = 0,0141 \text{ м}^2 - \text{площа стінки балки}. \quad (2.23)$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{0,00312}{0,0141} = 0,221, \quad \frac{A_f + A_w}{A} = \frac{0,00312 + 0,0141}{0,0206} = 0,847, \quad (2.24)$$

$$\chi_1 = 1,139.$$

Напруження становлять:

$$\sigma = \frac{M_{\max}^M}{W_{nt} \cdot \chi_1} = \frac{1942,82}{0,0054 \cdot 1,138} = 314573,16 \text{ кПа}. \quad (2.25)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа}. \quad (2.26)$$

Отже,

$$314573,16 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{314573,16 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 0,14\% \leq 5\% - \text{умова виконана}. \quad (2.27)$$

2.1.4. Перевірка перерізу балки за нормальними напруженнями на витривалість

$$\sigma_{\max,ef}^B = \frac{M_{\max}^B}{\chi_2 \cdot W_{nt}} \leq \gamma_w \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_{\max,ef}^B = \frac{M_{\max}^B}{\chi_2 \cdot W_{nt}} = \frac{1389,36}{1,05 \cdot 0,00542} = 243984,3 \text{ кПа}. \quad (2.28)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{M_{\min}^B}{M_{\max}^B} = \frac{121,66}{1389,36} = 0,088, \quad (2.29)$$

$$\alpha = 0,72, \delta = 0,24, \zeta = 1, \theta = 1, \beta = 1,3,$$

$$\gamma_w = \frac{1}{\zeta \cdot \theta \cdot ((\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta + \delta) \cdot \rho)} = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot ((0,72 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,72 \cdot 1,3 + 0,24) \cdot 0,088)} = 0,9. \quad (2.30)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\gamma_w \cdot R_y \cdot m = 0,9 \cdot 350\,000 \cdot 0,9 = 282497,61 \text{ кПа.} \quad (2.31)$$

Отже,

$$243984,3 \text{ кПа} \leq 282497,61 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.1.5. Перевірка перерізу балки за дотичними напруженнями

$$\tau = \frac{Q_{\max}^M \cdot S_{\text{відс}}}{\chi_2 \cdot I_{br} \cdot t_w} \leq R_s \cdot m.$$

Статичний момент половини перерізу:

$$S^{\text{пп}} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) + t_w \cdot \frac{h_w}{4} \cdot \frac{h_w}{2} = 0,26 \cdot 0,012 \cdot \left(\frac{1,176}{2} + \frac{0,012}{2} \right) + 0,012 \cdot \frac{1,176}{4} \cdot \frac{1,176}{2} = 0,00392 \text{ м}^3. \quad (2.32)$$

Статичний момент перерізу полиці:

$$S^{\text{п}} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) = 0,26 \cdot 0,012 \cdot \left(\frac{1,176}{2} + \frac{0,012}{2} \right) = 0,00185 \text{ м}^3. \quad (2.33)$$

Мінімальні та максимальні дотичні напруження:

$$\tau_{\min,ef} = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\text{п}}}{t_w \cdot I_{br}} = \frac{1057,19 \cdot 0,00195}{0,012 \cdot 0,0038} = 42650,58 \text{ кПа,} \quad (2.34)$$

$$\tau_{\max,ef} = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\text{пп}}}{t_w \cdot I_{br}} = \frac{1057,19 \cdot 0,00392}{0,01 \cdot 0,0038} = 90391,38 \text{ кПа.} \quad (2.35)$$

Коефіцієнт допущення пластичних деформацій χ_2 :

$$\chi_2 = 1,25 - 0,25 \cdot \frac{\tau_{\min,ef}}{\tau_{\max,ef}} = 1,25 - 0,25 \cdot \frac{42650,58}{90391,38} = 1,13. \quad (2.36)$$

Напруження становлять:

$$\tau = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\text{пп}}}{\chi_2 \cdot I_{br} \cdot t_w} = \frac{1057,19 \cdot 0,00392}{1,13 \cdot 0,0038 \cdot 0,012} = 79848,28 \text{ кПа,} \quad (2.37)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_s = 0,58 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_m} = 0,58 \cdot \frac{390000}{1,125} = 201066,67 \text{ кПа,} \quad (2.38)$$

$$R_s \cdot m = 201066,67 \cdot 0,9 = 180960 \text{ кПа.} \quad (2.39)$$

Отже,

$$79848,28 \text{ кПа} \leq 180960 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.1.6. Перевірка стінки балки при сумісній дії нормальних та дотичних напружень

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_y \cdot \sigma_x + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq \gamma' \cdot R_y \cdot m.$$

Нормальні і дотичні напруження становлять:

$$\sigma_x = \frac{M_{\max,1/4}^M}{W_{nt}} = \frac{1554,45}{0,00542} = 286630,74 \text{ кПа.} \quad (2.40)$$

$$\tau_{xy} = \frac{Q_{\max,1/4}^M \cdot S_{\text{пп}}}{I_{br} \cdot t_w} = \frac{494,52}{0,0038 \cdot 0,012} = 42282,72 \text{ кПа.} \quad (2.41)$$

Місцевий тиск на одну балку від коліс рухомого складу:

$$\gamma_{ft} = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 3 = 1,291, \quad (2.42)$$

$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda} = 1 + \frac{18}{30 + 3} = 0,545, \quad (2.43)$$

$$P = \frac{24,5 \cdot K}{2 \cdot 100} \cdot \gamma_{ft} \cdot (1 + \mu) = \frac{24,5 \cdot 14}{2 \cdot 100} \cdot 1,291 \cdot (1 + 0,545) = 3,42 \text{ кН.} \quad (2.44)$$

$$\sigma_y = \frac{P}{t_w} = \frac{3,42}{0,012} = 285,14 \text{ кПа.} \quad (2.45)$$

Загальні напруження становлять:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_y \cdot \sigma_x + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} = \sqrt{286630,74^2 - 285,14 \cdot 286630,74 + 285,14^2 + 3 \cdot 42282,72^2} = 295700,89 \text{ кПа.} \quad (2.46)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\gamma' \cdot R_y \cdot m = 1,1 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 3465000 \text{ кПа.} \quad (2.47)$$

Отже,

$$295700,89 \text{ кПа} \leq 346500 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.1.7. Розрахунок поясних швів поздовжньої балки

Сила зсуву:

$$T = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\Pi}}{I_{br}} = \frac{1057,19 \cdot 0,00185}{0,00382} = 511,81 \text{ кН.} \quad (2.48)$$

Місцевий тиск від тимчасового навантаження:

$$\gamma_{fr} = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 8,33 = 1,275, \quad (2.49)$$

$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda} = 1 + \frac{18}{30 + 8,33} = 0,47, \quad (2.50)$$

$$q = \frac{24,5 \cdot K}{2 \cdot 100} \cdot \gamma_{fr} \cdot (1 + \mu) = \frac{24,5 \cdot 14}{2 \cdot 100} \cdot 1,275 \cdot (1 + 0,47) = 3,21 \text{ кН/м.} \quad (2.51)$$

Розрахунок катету зварного шва:

$$k_f = \frac{t_f \cdot 1,2}{2} = \frac{0,012 \cdot 1,2}{2} = 0,0072 \text{ м} = 7,2 \text{ мм} \approx 8 \text{ мм.} \quad (2.52)$$

Коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів для автоматичного та напіваавтоматичного зварювання «в човник»:

$$\beta_z = 1, \beta_f = 0,8.$$

Перевірка по металу зони сплавлення

$$\tau = \frac{1}{n \cdot t_z} \cdot \sqrt{T^2 + q^2} \leq R_{wz} \cdot m.$$

Розрахункова висота зварного шва:

$$t_z = \beta_z \cdot k_f = 1 \cdot 0,008 = 0,008 \text{ м} = 8 \text{ мм.} \quad (2.53)$$

Напруження становлять:

$$\tau = \frac{1}{n \cdot t_z} \cdot \sqrt{T^2 + q^2} = \frac{1}{2 \cdot 0,008} \cdot \sqrt{511,81^2 + 3,21^2} = 31988,56 \text{ кПа.} \quad (2.54)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 530000 = 238500 \text{ кПа,} \quad (2.55)$$

де R_{un} – нормативний опір по металу основної конструкції.

$$R_{wz} \cdot m = 238500 \cdot 0,9 = 214650 \text{ кПа.} \quad (2.56)$$

Отже,

$$31988,56 \text{ кПа} \leq 214650 \text{ кПа} - \text{умова виконана}$$

Перевірка по металу зварного шва

$$\tau = \frac{1}{n \cdot t_f} \cdot \sqrt{T^2 + q^2} \leq R_{wf} \cdot m.$$

Розрахункова висота зварного шва:

$$t_f = \beta_f \cdot k_f = 0,8 \cdot 0,008 = 0,0064 \text{ м} = 6,4 \text{ мм} \approx 7 \text{ мм}. \quad (2.57)$$

Напруження становлять:

$$\tau = \frac{1}{n \cdot t_f} \cdot \sqrt{T^2 + q^2} = \frac{1}{1 \cdot 0,007} \cdot \sqrt{511,81^2 + 3,21} = 73116,71 \text{ кПа}. \quad (2.58)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_{wf} = 0,55 \cdot \frac{R_{wun}}{\gamma_{wn}} = 0,55 \cdot \frac{490000}{1,25} = 215600 \text{ кПа}. \quad (2.59)$$

$$R_{wf} \cdot m = 215600 \cdot 0,9 = 194040 \text{ кПа}. \quad (2.60)$$

Отже,

$$73116,71 \text{ кПа} \leq 194040 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.1.8. Розміщення ребер жорсткості та визначення їх розмірів

Ширина ребра жорсткості:

$$b_\eta = \frac{h_w}{30} + 40 \text{ мм} = \frac{1,176}{30} + 0,04 \text{ м} = 0,079 \approx 0,08 \text{ м}. \quad (2.61)$$

Товщина ребра жорсткості:

$$t_\eta = 2 \cdot b_\eta \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{\frac{350000}{200000000}} = 0,00669 \text{ м} \approx 0,007 \text{ м} = 7 \text{ мм}. \quad (2.62)$$

Із умови приймаємо парну кількість кроків ребер – $n_{кр} = 6$ шт. Крок не має перевищувати 2 м або подвійної висоти балки – $2 \cdot h_6 = 2 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ м}$. Отже, приймаємо таку схему кроків: $l_{кр} = 1,407 + 1,38 + 1,38 + 1,38 + 1,38 + 1,407 = 8,33 \text{ м}$.

2.1.9. Поздовжні та поперечні в'язі між поздовжніми балками

Збір навантажень

Вітрове навантаження на рухомий склад

Характеристичний тиск району – $W_0 = 0,6$ кПа.

Висота від РМВ до рухомого складу для знаходження коефіцієнта висоти споруди C_h :

$$h = h_v + h_r + h_b + h_p + \frac{h_{pc}}{2} = 5,3 + 9,5 + 1,2 + 0,18 + \frac{4}{2} = 18,18 \text{ м}, \quad (2.63)$$

де h_v – висота води від РМВ до РСР,

h_r – висота габариту,

h_b – висота балки,

h_p – висота рейки,

h_{pc} – висота рухомого складу.

Загальний коефіцієнт врахування аеродинамічних показників:

$$C = C_{aer} \cdot C_d \cdot C_h = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,24 = 1,861. \quad (2.64)$$

Отже,

$$W_{n1} = W_0 \cdot C \cdot \gamma_f = 0,5 \cdot 1,861 \cdot 1,15 = 1,07 \text{ кПа}. \quad (2.65)$$

Вітрове навантаження на балку

Висота від РМВ до центру висоти балки для знаходження коефіцієнта висоти споруди C_h :

$$h = h_v + h_r + \frac{h_b}{2} + h_{мп} + h_p = 5,3 + 9,5 + \frac{1,2}{2} + 0,24 + 0,18 = 15,82 \text{ м}. \quad (2.66)$$

де $h_{мп}$ – висота мостового полотна.

Загальний коефіцієнт врахування аеродинамічних показників:

$$C = C_{aer} \cdot C_d \cdot C_h = 1,9 \cdot 1 \cdot 1,229 = 2,335. \quad (2.67)$$

Отже,

$$W_{n2} = W_0 \cdot C \cdot \gamma_f = 0,5 \cdot 2,335 \cdot 1,15 = 1,34 \text{ кПа}, \quad (2.68)$$

Загальне значення інтенсивності вітру:

$$W = W_{n1} \cdot h_{\text{ваг}} + W_{n2} \cdot (h_6 + h_{\text{мп}} + h_p - h_{\text{п}}) = 1,07 \cdot 3 + 1,34 \cdot (1,2 + 0,24 + 0,18 - 0,5) = 4,71 \text{ кН/м}, \quad (2.69)$$

де $h_{\text{ваг}}$ – висота вагону,

$h_{\text{п}}$ – умовна висота поясу ферми.

Розрахункова інтенсивність навантаження від ударів коліс рухомого складу поїздів залізниць на одну площину в'язів:

$$S_{\text{гор}} = 0,5 \cdot 0,59 \cdot K \cdot \gamma_{f,\text{гор}} = 0,5 \cdot 0,59 \cdot 14 \cdot 1,183 = 4,89 \text{ кН/м}. \quad (2.70)$$

Для подальших розрахунків вибираємо найбільше значення інтенсивності навантаження на балку – W .

Розрахунок максимального зусилля у в'язях

Максимальне значення ординати лінії впливу від навантаження буде на опорі, а максимальне напруження в крайній поздовжній в'язі (рис. 2.4).

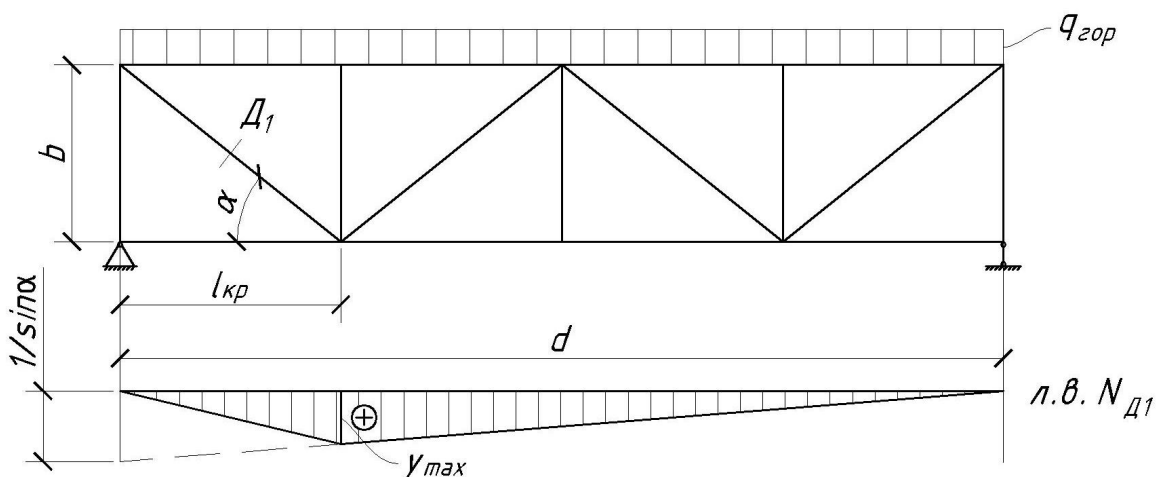


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема поздовжніх в'язів

Характеристики лінії впливу:

$$h_{\max, \text{л.в.}} = \frac{1}{\sin(\alpha)} = \frac{1}{\sin(45)} = 1,24, \quad (2.71)$$

$$y_{\max} = h_{\max, \text{л.в.}} \cdot \frac{d - l_{\text{кр}}}{d} = 1,24 \cdot \frac{8,33 - 1,406}{8,33} = 1,03. \quad (2.72)$$

$$\omega = \frac{1}{2} \cdot y_{\max} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot 1,034 \cdot 8,33 = 4,31 \text{ м}^2. \quad (2.73)$$

Виникаюче зусилля:

$$N_{\text{Д1}} = \omega \cdot W = 4,31 \cdot 4,89 = 21,06 \text{ кН}. \quad (2.74)$$

Підбір рівностороннього кутика поздовжніх в'язів

Приймаю рівносторонній кутик 75х5, де:

$$A = 7,39 \text{ см}^2, i = 2,31 \text{ см}.$$

Довжина поздовжньої в'язі:

$$l_{\text{п.в.}} = \sqrt{b^2 + l_{\text{кр}}^2} = \sqrt{1,9^2 + 1,406^2} = 2,36 \text{ м} = 236 \text{ см}. \quad (2.75)$$

Перевірка на гнучкість

$$\lambda = \frac{l_{\text{п.в.}}}{i} \leq \lambda_{\max},$$

$$\lambda = \frac{l_{\text{п.в.}}}{i} = \frac{236}{2,31} = 102,34, \quad (2.76)$$

$$\lambda_{\max} = 130.$$

Отже,

$$102,34 \leq 130 \text{ — умова виконана.}$$

Перевірка на міцність

$$\sigma = \frac{N_{\text{Д1}}}{A_{\text{нт}}} \leq R_y \cdot m \cdot m_1.$$

Площа нетто:

$$A_{\text{нт}} = A \cdot 0,85 = 7,39 \cdot 0,85 = 6,28 \text{ см}^2 = 0,000628 \text{ м}^2.$$

Напруження становлять:

$$\sigma = \frac{N_{Д1}}{A_{nt}} = \frac{21,06}{0,000628} = 33524,47 \text{ кПа.} \quad (2.77)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot m_1 = 350000 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 236250 \text{ кПа.} \quad (2.78)$$

Отже,

$$33524,47 \text{ кПа} \leq 236250 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка кутика на стійкість

$$\sigma = \frac{N_{Д1}}{A_{br}} \leq \varphi \cdot R_y \cdot m \cdot m_1.$$

Напруження становлять:

$$\sigma = \frac{N_{Д1}}{A_{br}} = \frac{21,06}{0,000739} = 28495,8 \text{ кПа.} \quad (2.79)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m \cdot m_1 = 0,338 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 79928,88 \text{ кПа.} \quad (2.80)$$

Отже,

$$28495,8 \text{ кПа} \leq 79928,88 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.2. Розрахунок та конструювання поперечної балки

Коефіцієнт для розрахунку на витривалість, який залежить від довжини лінії впливу:

$$\varepsilon = 1.$$

Площа л. в. Т:

$$\omega = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot d \cdot 1 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 9,375 = 9,38. \quad (2.85)$$

Плече сил Т:

$$a = \frac{B-b}{2} = \frac{5,8-1,9}{2} = 1,95 \text{ м.} \quad (2.86)$$

Розрахункові зусилля:

$$T_{\max}^M = \omega \cdot (q_{\text{ВВ}}^H \cdot \gamma_f + q_{\text{МП}}^H \cdot \gamma_f + q_{\text{V},0,5}^H \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu)) = 9,375 \cdot (2,16 \cdot 1,1 + 11,35 \cdot 1,1 + 92,10 \cdot 1,243 \cdot 1 + 0,369) = 1609,78 \text{ кН.} \quad (2.87)$$

$$T_{\max}^B = \omega \cdot (q_{\text{ВВ}}^H + q_{\text{МП}}^H + q_{\text{V},0,5}^H \cdot \varepsilon \cdot (1 + \frac{2}{3} \cdot \mu)) = 9,375 \cdot (2,16 + 11,35 + 92,10 \cdot 1,1 + 23 \cdot 0,369) = 1202,66 \text{ кН.} \quad (2.88)$$

$$T_{\min}^B = \omega \cdot (q_{\text{ВВ}}^H + q_{\text{МП}}^H) = 9,375 \cdot (2,16 + 11,35) = 126,66 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (2.89)$$

$$M_{\max}^M = T_{\max}^M \cdot a + \frac{q_{\text{ВВ},\text{Пб}}^H \cdot \gamma_f \cdot B^2}{8} = 1609,77 \cdot 1,95 + \frac{2,16 \cdot 1,1 \cdot 5,8^2}{8} = 3149,06 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (2.90)$$

$$Q_{\max}^M = T_{\max}^M + q_{\text{ВВ},\text{Пб}}^H \cdot \gamma_f \cdot \frac{B}{2} = 1609,77 + 2,16 \cdot 1,1 \cdot \frac{5,8}{2} = 1616,67 \text{ кН.} \quad (2.91)$$

$$M_A^M = T_{\max}^M \cdot a + \frac{q_{\text{ВВ},\text{Пб}}^H \cdot \gamma_f \cdot a \cdot (B-a)}{2} = 1609,77 \cdot 1,95 + \frac{2,16 \cdot 1,1 \cdot 1,95 \cdot (5,8-1,95)}{2} = 3147,99 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (2.92)$$

$$Q_A^M = T_{\max}^M + \frac{q_{\text{ВВ},\text{Пб}}^H \cdot \gamma_f \cdot a \cdot (B-2 \cdot a)}{2} = 1609,77 + \frac{2,16 \cdot 1,1 \cdot 1,95 \cdot (5,8-2 \cdot 1,95)}{2} = 1614,18 \text{ кН.} \quad (2.93)$$

$$M_{\max}^B = T_{\max}^B \cdot a + \frac{q_{\text{ВВ},\text{Пб}}^H \cdot B^2}{8} = 1202,66 \cdot 1,95 + \frac{2,16 \cdot 5,8^2}{8} = 2354,27 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (2.94)$$

$$M_{\min}^B = T_{\min}^B \cdot a + \frac{q_{\text{ВВ},\text{Пб}}^H \cdot B^2}{8} = 126,65 \cdot 1,95 + \frac{2,16 \cdot 5,8^2}{8} = 256,06 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (2.95)$$

2.2.2. Підбір перерізу поперечної балки

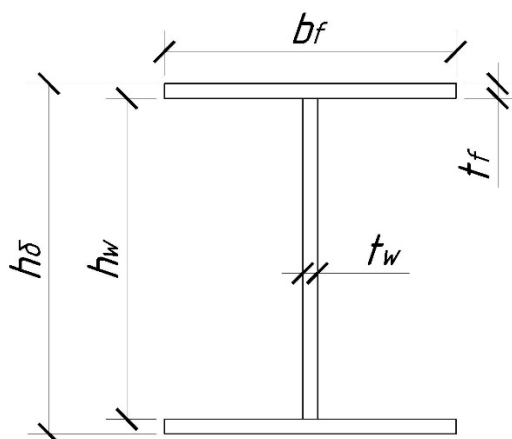


Рисунок 2.6 – Поперечний переріз поперечної балки

Приймаю такі геометричні характеристики поперечного перерізу поперечної балки:

$$h_{\delta} = 1,34 \text{ м}, t_w = 0,012 \text{ м}, b_f = 0,32 \text{ м}.$$

Товщина полиці балки:

$$t_f = \frac{2,1}{(b_f - t_w) \cdot h_{\delta}^2} \cdot \left(\frac{M_{\max}^M}{R_y \cdot \text{м}} \cdot \frac{h_{\delta}}{2} - \frac{t_w \cdot h_{\delta}^3}{12} \right) = \frac{2,1}{(0,3 - 0,014) \cdot 1,34^2} \cdot \left(\frac{3149,06}{350000 \cdot 0,9} \cdot \frac{1,34}{2} - \frac{0,014 \cdot 1,34^3}{12} \right) = 0,0148 \text{ м} \approx 0,02 \text{ м}. \quad (2.96)$$

Висота стінки балки:

$$h_w = h_{\delta} - 2 \cdot t_f = 1,34 - 2 \cdot 0,02 = 1,3 \text{ м}.$$

Момент інерції:

$$I = \frac{t_w \cdot h_w^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \frac{h_{\delta} - t_f}{2} \right) = \frac{0,014 \cdot 1,3^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{0,32 \cdot 0,02^3}{12} + 0,32 \cdot 0,02 \cdot \frac{1,34 - 0,022}{2} \right) = 0,00813 \text{ м}^4. \quad (2.97)$$

Момент опору бруто:

$$W_{br} = \frac{I}{\frac{h_{\delta}}{2}} = \frac{0,00813}{\frac{1,34}{2}} = 0,0121 \text{ м}^3. \quad (2.98)$$

Момент опору нетто:

$$W_{nt} = 0,85 \cdot W_{br} = 0,85 \cdot 0,0121 = 0,001032 \text{ м}^3. \quad (2.99)$$

2.2.3. Перевірка перерізу балки на міцність за нормальними напруженнями

$$\sigma = \frac{M_{\max}^M}{W_{br} \cdot \chi_1} \leq R_y \cdot m, \quad \sigma = \frac{M_A^M}{W_{nt} \cdot \chi_1} \leq R_y \cdot m.$$

Коефіцієнт χ_1 для врахування часткового допущення в балках пластичних деформацій:

$$A = h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 1,3 \cdot 0,014 + 2 \cdot 0,32 \cdot 0,02 = 0,031 \text{ м}^2 - \text{площа перерізу балки}; \quad (2.100)$$

$$A_f = b_f \cdot t_f = 0,32 \cdot 0,02 = 0,0064 \text{ м}^2 - \text{площа поясу балки}; \quad (2.101)$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 1,3 \cdot 0,014 = 0,0182 \text{ м}^2 - \text{площа стінки балки}. \quad (2.102)$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{0,0064}{0,0182} = 0,352, \quad \frac{A_f + A_w}{A} = \frac{0,0064 + 0,0182}{0,031} = 0,794, \quad (2.103)$$

$$\chi_1 = 1,159.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_{\max}^M = \frac{M_{\max}^M}{W_{br} \cdot \chi_1} = \frac{3149,06}{0,0121 \cdot 1,08} = 238707,63 \text{ кПа}, \quad (2.104)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$238707,63 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_A^M = \frac{M_A^M}{W_{nt} \cdot \chi_1} = \frac{3147,98}{0,0103 \cdot 1,08} = 280736,89 \text{ кПа}. \quad (2.105)$$

Отже,

$$280736,89 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{280736,89 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 4,51\% \leq 5\% - \text{умова виконана}.$$

2.2.4. Перевірка перерізу балки за нормальними напруженнями на витривалість

$$\sigma_{\max,ef}^B = \frac{M_{\max}^B}{\chi_2 \cdot W_{nt}} \leq \gamma_w \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_{\max,ef}^B = \frac{M_{\max}^B}{\chi_2 \cdot W_{nt}} = \frac{2354,27}{1,05 \cdot 0,001032} = 217138,93 \text{ кПа.} \quad (2.106)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1$$

$$\rho = \frac{M_{\min}^B}{M_{\max}^B} = \frac{256,06}{2354,27} = 0,1088, \quad (2.107)$$

$$\alpha = 0,72, \delta = 0,24, \zeta = 1, \theta = 1, \beta = 1,3,$$

$$\gamma_w = \frac{1}{\zeta \cdot \theta \cdot ((\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta + \delta) \cdot \rho)} = \frac{1}{1 \cdot 1 \cdot ((0,72 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,72 \cdot 1,3 + 0,24) \cdot 0,108)} = 0,91. \quad (2.108)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\gamma_w \cdot R_y \cdot m = 0,91 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 286285,68 \text{ кПа.} \quad (2.109)$$

Отже,

$$217138,93 \text{ кПа} \leq 286285,68 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.2.5. Перевірка перерізу балки за дотичними напруженнями

$$\tau = \frac{Q_{\max}^M \cdot S_{\text{відс}}}{\chi_2 \cdot I_{br} \cdot t_w} \leq R_s \cdot m.$$

Статичний момент половини перерізу:

$$S^{\text{пп}} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) + t_w \cdot \frac{h_w}{4} \cdot \frac{h_w}{2} = 0,32 \cdot 0,02 \cdot \left(\frac{1,3}{2} + \frac{0,02}{2} \right) + 0,012 \cdot \frac{1,3}{4} \cdot \frac{1,3}{2} = 0,00718 \text{ м}^3. \quad (2.110)$$

Статичний момент перерізу полицки:

$$S^{\text{п}} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) = 0,32 \cdot 0,02 \cdot \left(\frac{1,3}{2} + \frac{0,02}{2} \right) = 0,00422 \text{ м}^3. \quad (2.111)$$

Мінімальні та максимальні дотичні напруження:

$$\tau_{\min,ef} = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\Pi}}{t_w \cdot I_{br}} = \frac{1616,66 \cdot 0,00422}{0,014 \cdot 0,00813} = 59928,24 \text{ кПа}, \quad (2.112)$$

$$\tau_{\max,ef} = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\Pi\Pi}}{t_w \cdot I_{br}} = \frac{1616,66 \cdot 0,00718}{0,014 \cdot 0,00813} = 101887,94 \text{ кПа}. \quad (2.113)$$

Коефіцієнт допущення пластичних деформацій χ_2 :

$$\chi_2 = 1,25 - 0,25 \cdot \frac{\tau_{\min,ef}}{\tau_{\max,ef}} = 1,25 - 0,25 \cdot \frac{59928,24}{101887,93} = 1,103. \quad (2.114)$$

Напруження становлять:

$$\tau = \frac{Q_{\max}^M \cdot S^{\Pi\Pi}}{\chi_2 \cdot I_{br} \cdot t_w} = \frac{1616,66 \cdot 0,00718}{1,102 \cdot 0,014 \cdot 0,00813} = 92377,2 \text{ кПа}, \quad (2.115)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_s = 0,58 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_m} = 0,58 \cdot \frac{390000}{1,125} = 201066,67 \text{ кПа}, \quad (2.116)$$

$$R_s \cdot m = 201066,67 \cdot 0,9 = 180960 \text{ кПа}. \quad (2.117)$$

Отже,

$$92377,2 \text{ кПа} \leq 180960 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

2.2.6. Перевірка стінки балки при сумісній дії нормальних та дотичних напружень

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,15 \cdot R_y \cdot m.$$

Нормальні і дотичні напруження:

$$\sigma_x = \frac{M_A^M}{W_{nt}} = \frac{3147,98}{0,001032} = 304862,05 \text{ кПа}. \quad (2.118)$$

$$\sigma_y = 0.$$

$$\tau_{xy} = \frac{Q_A^M \cdot S^{\Pi\Pi}}{I_{br} \cdot t_w} = \frac{1614,18 \cdot 0,00718}{0,001032 \cdot 0,014} = 101731,08 \text{ кПа}. \quad (2.119)$$

Загальні напруження становлять:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} = \sqrt{304862,05^2 + 3 \cdot 101731,08^2} = 352120,03 \text{ кПа}. \quad (2.120)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$1,15 \cdot R_y \cdot m = 1,15 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 362250 \text{ кПа.} \quad (2.121)$$

Отже,

$$352120,03 \text{ кПа} \leq 362250 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Недонапруження:

$$\delta = \left| \frac{352120,03 - 362250}{362250} \right| \cdot 100\% = 1,07\% \leq 5\% - \text{умова виконана.}$$

2.3. Розрахунок прикріплення балок проїзної частини

2.3.1. Розрахунок прикріплення поздовжньої балки до поперечної

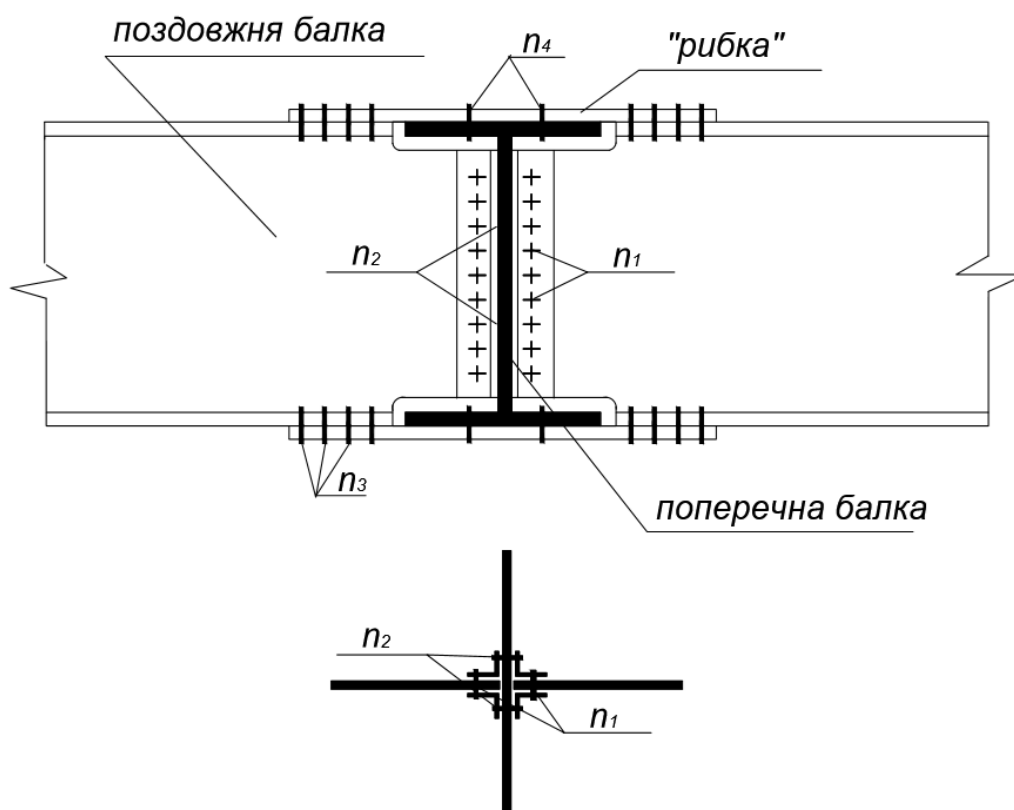


Рисунок 2.7 – Прикріплення поперечної балки до поздовжньої

Кількість болтів в стінці поздовжньої балки:

$$n_1 = \frac{Q_{\max}^M}{m \cdot m_b \cdot Q_{bh} \cdot n_s} = \frac{1150,92}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 82 \cdot 2} = 8,66 \approx 9 \text{ шт.} \quad (2.122)$$

Кількість болтів в стінці поперечної балки:

$$n_2 = \frac{Q_{\max}^M}{m \cdot m_b \cdot Q_{bh} \cdot n_s} = \frac{1150,92}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 82 \cdot 1} = 17,33 \approx 18 \text{ шт.} \quad (2.123)$$

Переріз рибки та кількість болтів прикріплення рибки

Момент для опорного перерізу поздовжньої балки:

$$M_0 = 0,6 \cdot M_{\max}^M = 0,6 \cdot 3149,43 = 1889,44 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (2.124)$$

Зусилля в рибці:

$$N_p = \frac{M_0}{h_6 + t_p} = \frac{1889,44}{1,34 + 0,02} = 1389,29 \text{ кН}. \quad (2.125)$$

Приймаю діаметр отворів $d_0 = 25$ мм для болтів $d = 22$ мм.

Товщина рибки:

$$t_p = \frac{N_p}{R_y \cdot m \cdot (b_p - 2 \cdot d_0)} = \frac{1389,29}{350000 \cdot 0,9 \cdot (0,26 - 2 \cdot 0,025)} = 0,021021 \text{ м} \approx 22 \text{ мм}. \quad (2.126)$$

Кількість болтів прикріплення рибки:

$$n_3 = \frac{N_p}{m \cdot Q_{bh} \cdot n_s} = \frac{1389,29}{0,9 \cdot 82 \cdot 1} = 18,83 \approx 20 \text{ шт}. \quad (2.127)$$

2.3.2. Розрахунок прикріплення поперечної балки до ферми

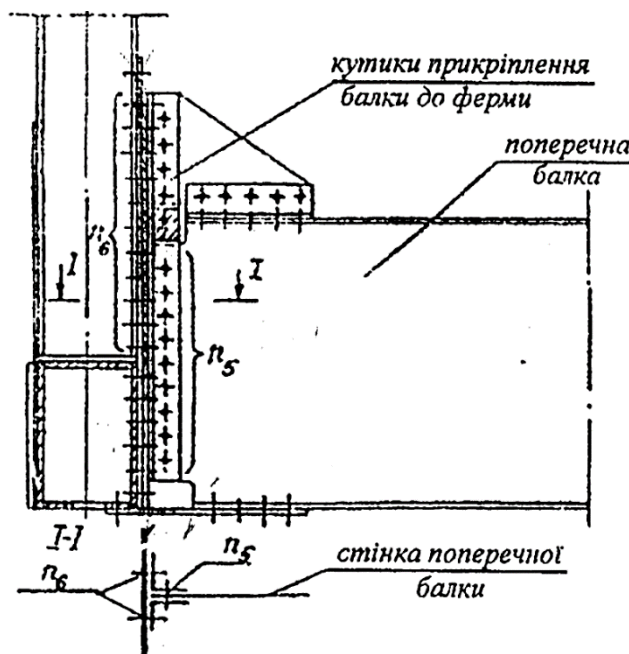


Рисунок 2.8 – Прикріплення поперечної балки до поясу головної ферми

Кількість болтів в стінці поперечної балки:

$$n_5 = \frac{Q_{\max}^M}{m \cdot m_b \cdot Q_{bh} \cdot n_s} = \frac{1616,66}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 82 \cdot 2} = 12,17 \approx 13 \text{ шт.} \quad (2.128)$$

Кількість болтів в стінці поясу ферми:

$$n_6 = \frac{Q_{\max}^M}{m \cdot m_b \cdot Q_{bh} \cdot n_s} = \frac{1616,66}{0,9 \cdot 0,9 \cdot 84 \cdot 1} = 21,23 \approx 22 \text{ шт.} \quad (2.129)$$

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ГОЛОВНИХ ФЕРМ ТА В'ЯЗІВ МІЖ НИМИ

В сучасних умовах для залізничних мостів середніх та великих прольотів використовуються розрізні та нерозрізні споруди із наскрізними головними фермами, які мають паралельні пояси та трикутну решітку з додатковими стояками та підвісками. Розрізні прогонові споруди застосовуються, як правило, при прольотах до 110,0 м. Для перекриття більших прольотів доцільно використовувати більш економічні нерозрізні двопрогонові та трипрогонові нерозрізні споруди. Основні дані для сучасних типових прогонових споруд із наскрізними головними фермами наведені в типових проектах.

3.1. Вибір розрахункової схеми для розрізних прогонових споруд

Згідно з вказівками п. 4.18 ДБН В.2.3-14:2006 [5] розрахункову схему для конструкції прогонових споруд слід приймати з урахуванням їх проектної схеми. Для спрощення розрахунку просторову конструкцію прогонових споруд із наскрізними головними фермами розділяють звичайно на окремі площинні системи – головні ферми, поздовжні та поперечні в'язки, проїзну частину та інші. При цьому урахування взаємного впливу окремих систем при визначенні зусиль в елементах конструкції є обов'язковим. Будівельний підйом та деформації від навантажень, як правило, не враховуються.

При висотах поперечного перерізу елементів ферм, які не перевищують $1/15$ довжини елементів, жорсткість вузлів головних ферм може не враховуватись (див. п. 4.57 норм [5]). В цьому випадку розрахункова схема головних ферм приймається у вигляді ферми з шарнірними вузлами.

3.2. Визначення зусиль в елемента головних ферм від постійного та тимчасового вертикального навантаження

Зусилля в елементах головних ферм від постійного та тимчасового вертикального навантаження визначається за лініями впливу. Для елементів поясів і опорних розкосів розрізних ферм та підвісок лінії впливу однозначні, для проміжних розкосів лінії впливу мають дві ділянки різних знаків. При цьому в висхідних розкосах виникають зусилля стиску, або переважного стиснення, а в низхідних розкосах – переважне розтягнення. В верхніх поясах розрізних ферм діють зусилля стиснення, а в нижніх – розтягнення. Стояки при їзді низом працюють на тимчасове навантаження і ставляться тільки з метою зменшення розрахункової довжини елементів верхнього поясу в площині ферми. Підвіски включаються в роботу тільки на місцеве навантаження.

Основні параметри ліній впливу – площа ліній впливу ω , довжина завантаження λ та коефіцієнт α , що характеризує положення вершини лінії впливу.

Для двозначних ліній впливу визначаються площі ω_1 та ω_2 і довжини завантажень λ_1 та λ_2 для окремих їх ділянок. Площі ліній впливу та площі їх окремих ділянок визначаються як площі відповідних трикутників або користуючись спеціальними формулами.

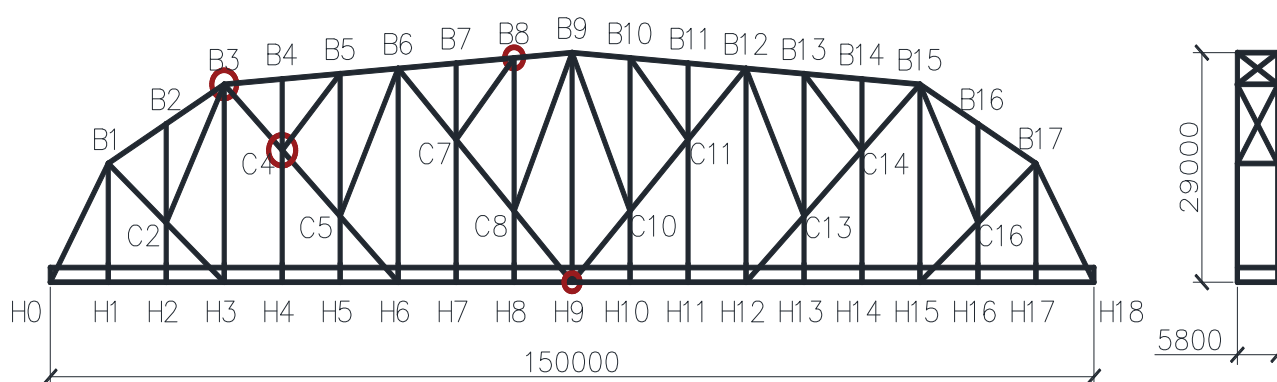


Рисунок 3.1 – Схема головної ферми та вибрані вузли до розрахунку

3.2.1. Характеристики ліній впливу

B3-C4,

$$\lambda = 122,91 \text{ м}, \quad y_{\max} = 0,87, \quad \omega_1 = 54,51 \text{ м}^2, \quad \omega_2 = 50,74 \text{ м}^2$$

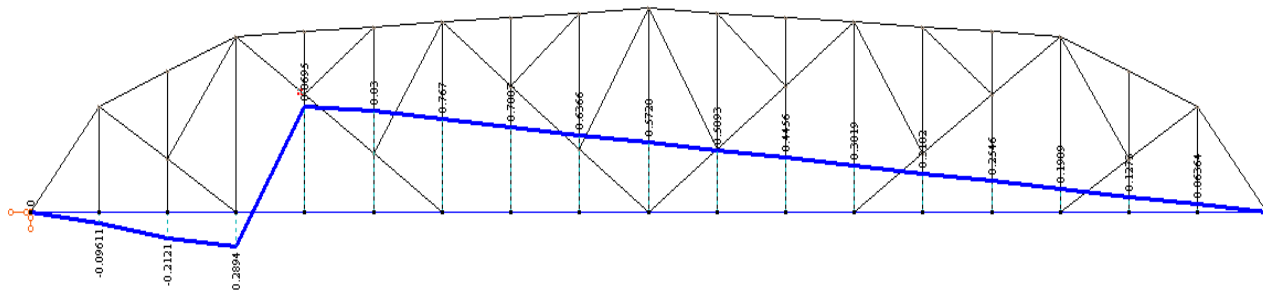


Рисунок 3.2 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми B3-C4;

B7-B8,

$$\lambda = 150 \text{ м}, \quad y_{\max} = -1.547, \quad \omega = -103,39 \text{ м}^2.$$

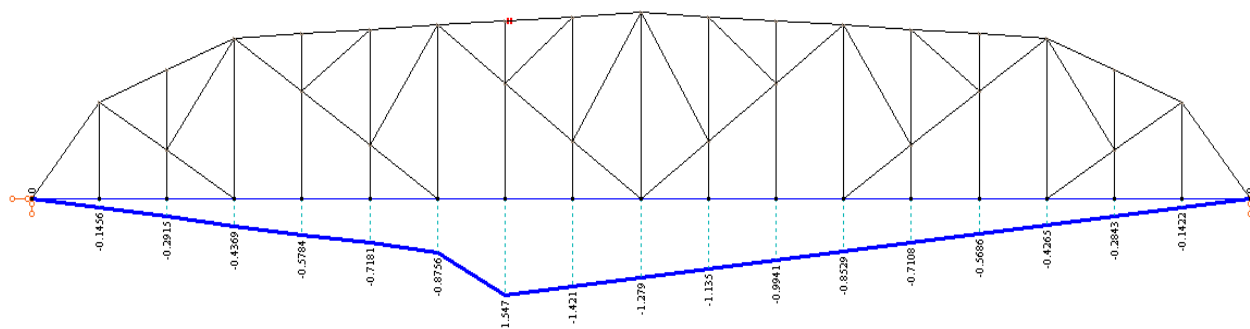


Рисунок 3.3 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми B7-B8

B8-C8

$$\lambda = 150 \text{ м}, \quad y_{\max} = 0. -0,458, \quad \omega_1 = -3,85 \text{ м}^2, \quad \omega_2 = -3,2 \text{ м}^2$$

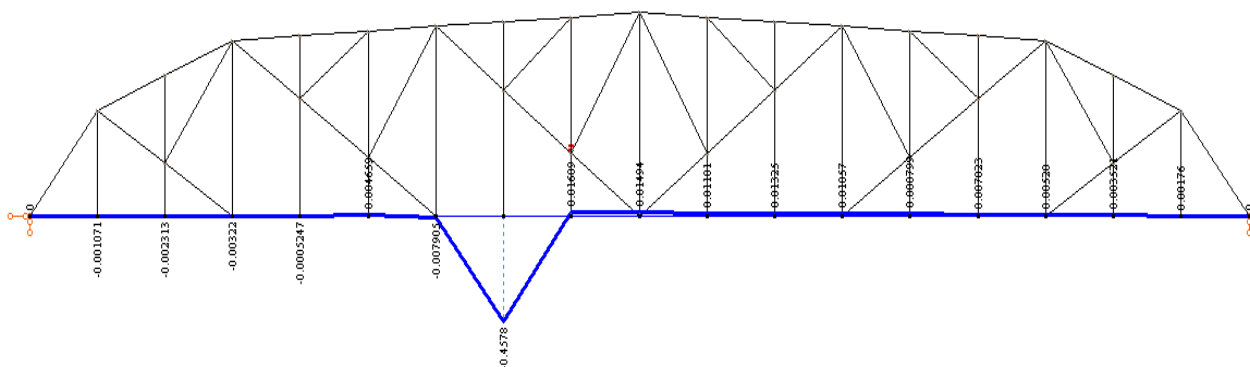


Рисунок 3.4 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми B8-C8

H8-H9,H9-H10

$$\lambda = 150\text{м}, y_{\max} = 1,244, \omega = 93,16 \text{ м}^2.$$

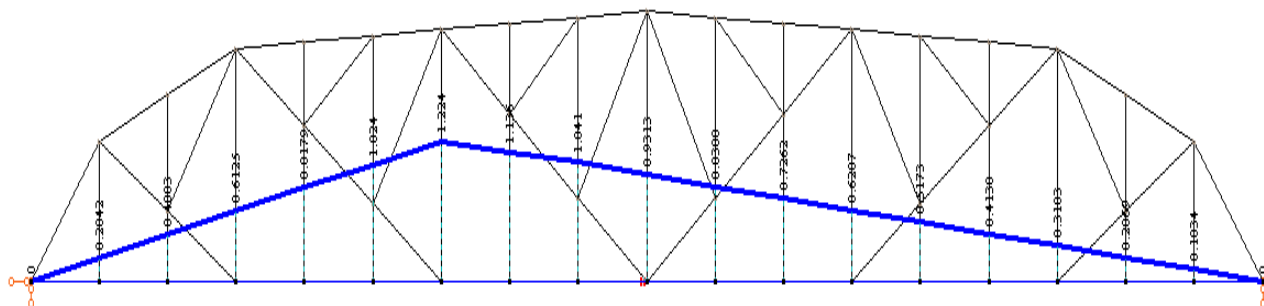


Рисунок 3.5 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми H8-H9,H9-H10

B2-B3

$$\lambda = 150 \text{ м}, y_{\max} = -1,013, \omega = -75,04 \text{ м}^2.$$

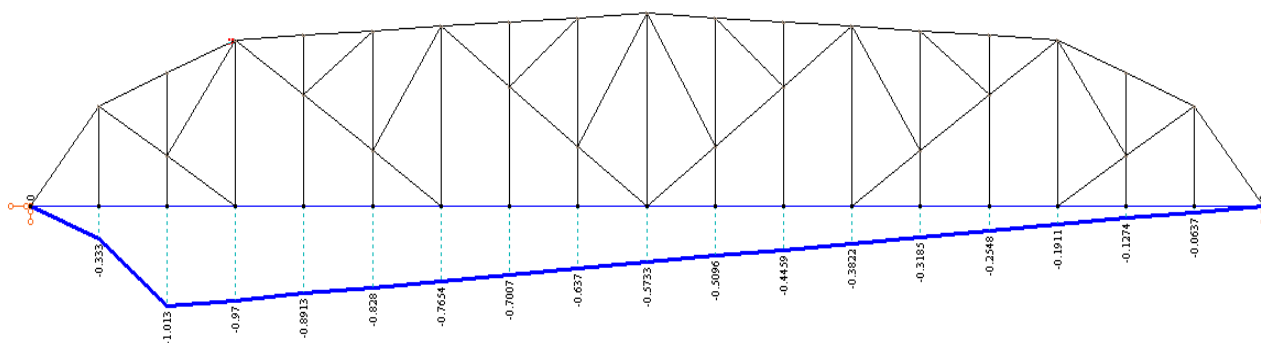


Рисунок 3.6 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми B2-B3

C2-B3

$$\lambda = 16,666 \text{ м}, y_{\max} = 0,733, \omega = 6,14 \text{ м}^2, \omega = 4,18 \text{ м}^2.$$

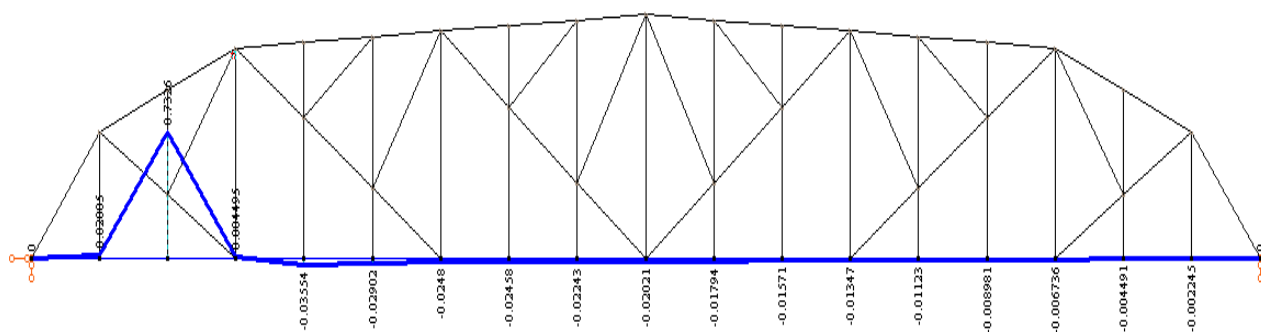


Рисунок 3.7 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми С2-В3

В3-Н3,

$$\lambda = 119,04\text{м}, \quad y_{\max} = -0,26, \quad \omega_1 = -16,13 \text{ м}^2, \quad \omega_2 = -10,39 \text{ м}^2.$$

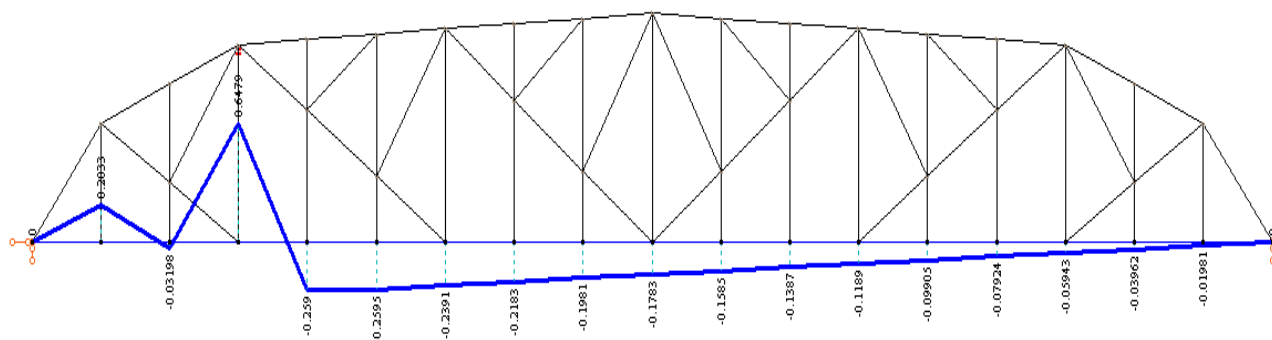


Рисунок 3.8 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми В3-Н3

В3-В4,

$$\lambda = 150 \text{ м}, \quad y_{\max} = -1,405, \quad \omega = -99,62 \text{ м}^2.$$

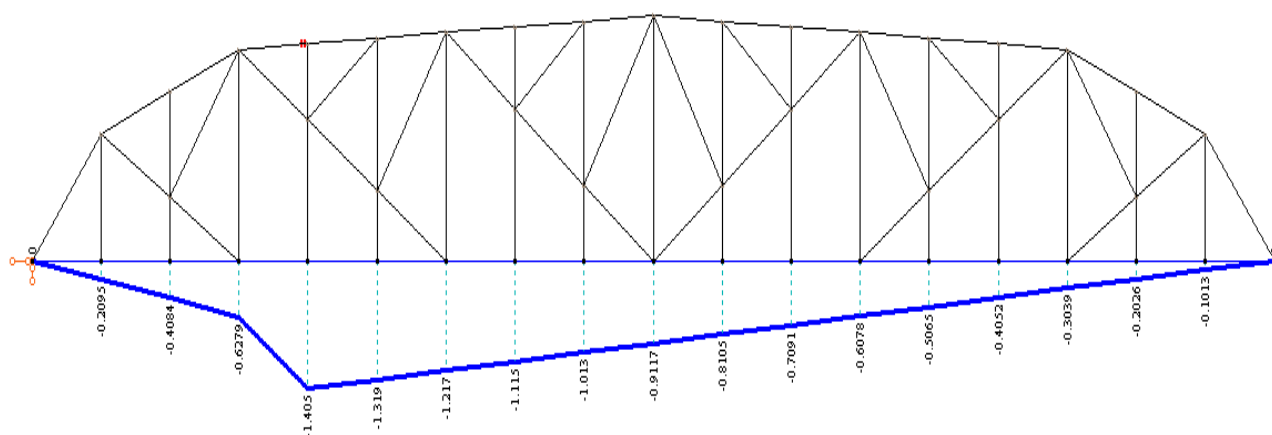


Рисунок 3.9 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми В3-В4

С8-Н9,Н9-С10

$$\lambda = 87,15\text{м}, \quad y_{\max} = 0,5336, \quad \omega_1 = 22,73 \text{ м}^2, \quad \omega_2 = 6,16 \text{ м}^2.$$

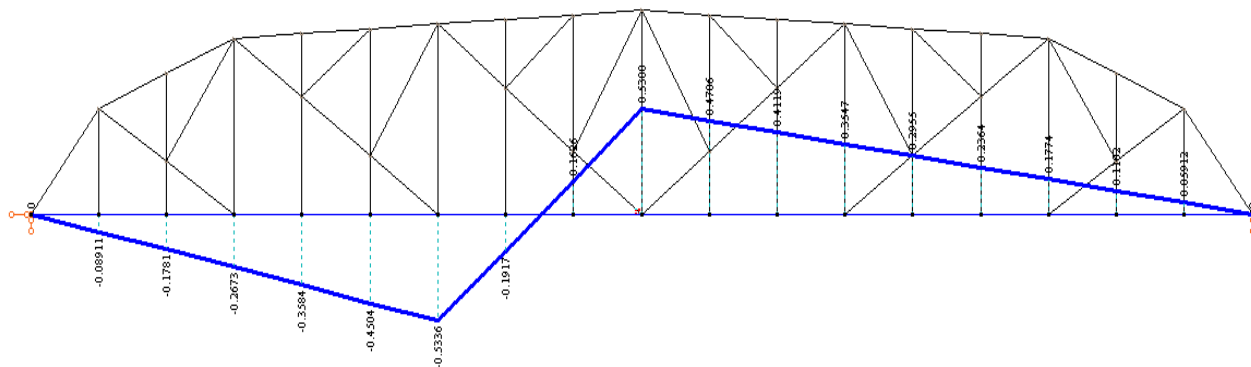


Рисунок 3.10 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми Н8-Н9

В9-Н9

$$\lambda = 37,24\text{м}, \quad y_{\max} = -0,443, \quad \omega_1 = -7,26 \text{ м}^2, \quad \omega_2 = -0,67 \text{ м}^2.$$

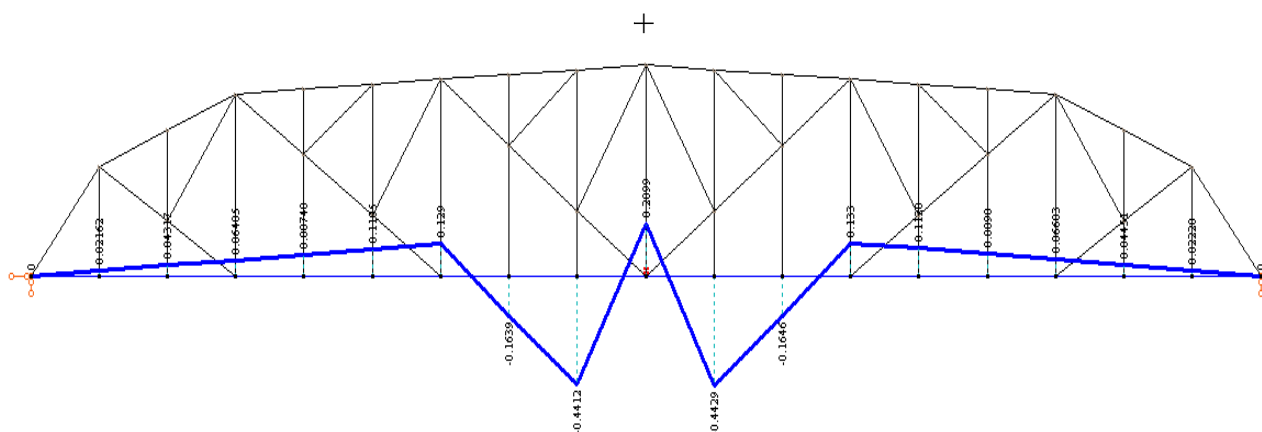


Рисунок 3.11 – Лінія впливу зусиль в елементі ферми С2-В3

3.2.2. Збір навантажень та зусиль

Нормативна власна вага ферми з урахуванням БМП:

$$q_{\text{ВВ}}^{\text{Н}} = 23,05 \text{ кН/м.}$$

Нормативна власна вага половини ферми для подальшого розрахунку:

$$q_{\text{п}}^{\text{Н}} = \frac{q_{\text{ВВ}}^{\text{Н}}}{2} = \frac{62.12}{2} = 31.06 \text{ кН/м.} \quad (3.1)$$

В3-С4,

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 122,91 = 0.85; \quad (3.2)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+122,91} = 0,118; \quad (3.3)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,051$:

$$v = 9,89 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$(2.128) N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot 50,741,1 + \frac{9,89 \cdot 14}{2} \cdot 54,51 \cdot 0,931 \cdot (1 + 0,118) = 5660,01 \text{ кН.} \quad (3.4)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot 50,74 + \frac{9,82 \cdot 14}{2} \cdot 54,51 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,118\right) = 5644,23 \text{ кН.} \quad (3.5)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot 50,74 = 1575,98 \text{ кН.} \quad (3.6)$$

B7-B8,

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 150 = 0,85 \quad (3.7)$$

$$\mu = \frac{18}{30 + \lambda} = \frac{18}{30 + 150} = 0,1; \quad (3.8)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,389$:

$$v = 9,83 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot (-103,39) \cdot 1,1 + \frac{9,83 \cdot 14}{2} \cdot (-103,39) \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,1) = -10181,93 \text{ кН.} \quad (3.9)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot (-103,39) + \frac{9,83 \cdot 14}{2} \cdot (-103,39) \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,1\right) = -10797,19 \text{ кН.} \quad (3.10)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot (-103,39) = -3211,29 \text{ кН.} \quad (3.11)$$

B8-C8

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 16,66 = 1,25; \quad (3.12)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+16,66} = 0,386; \quad (3.13)$$

$$\varepsilon = 0,85$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,5$:

$$v = 13.57 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot (-3,2) \cdot 1,1 + \frac{13,57 \cdot 14}{2} \cdot (-3,85) \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,386) = -742,96 \text{ кН.} \quad (3.14)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot (-3,2) + \frac{13,57 \cdot 14}{2} \cdot (-3,85) \cdot 0,85 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,386\right) = -490,28 \text{ кН.} \quad (3.15)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot (-3,2) = -99,39 \text{ кН.} \quad (3.16)$$

Н8-Н9, Н9-Н10

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 150 = 0,85; \quad (3.17)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+150} = 0,1; \quad (3.18)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,333$:

$$v = 9,84 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot 93,16 \cdot 1,1 + \frac{9,84 \cdot 14}{2} \cdot 93,16 \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,386) = 375,63 \text{ кН.} \quad (3.19)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot 93,16 + \frac{9,84 \cdot 14}{2} \cdot 93,16 \cdot 0,85 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,386\right) = 250,59 \text{ кН.} \quad (3.20)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot 93,16 = 58,7 \text{ кН.} \quad (3.21)$$

Н3-Н6

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 150 = 0,85; \quad (3.22)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+150} = 0,1; \quad (3.23)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,111$:

$$v = 9.88 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot (-75,04) \cdot 1,1 + \frac{9,87 \cdot 14}{2} \cdot (-75,04) \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,1) = -7414,01 \text{ кН.} \quad (3.24)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot (-75,04) + \frac{9,84 \cdot 14}{2} \cdot (-75,04) \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,1\right) = -7863,94 \text{ кН.} \quad (3.25)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot (-75,04) = -2330,74 \text{ кН.} \quad (3.26)$$

C2-B3

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 8,33 = 1,25; \quad (3.27)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+8,33} = 0,386; \quad (3.28)$$

$$\varepsilon = 0,85.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,5$:

$$v = 13.57 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot 4,18 \cdot 1,1 + \frac{13,57 \cdot 14}{2} \cdot 6,14 \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,386) = 1153,33 \text{ кН.} \quad (3.29)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot 4,18 + \frac{9,91 \cdot 14}{2} \cdot 6,14 \cdot 0,851 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,386\right) = 753,22 \text{ кН.} \quad (3.30)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot 14,18 = 129,83 \text{ кН.} \quad (3.31)$$

В3-Н3

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 119,04 = 0,943; \quad (3.32)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+119,04} = 0,121; \quad (3.33)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,02$:

$$v = 9,9 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot (-10,39) \cdot 1,1 + \frac{9,9 \cdot 14}{2} \cdot (-16,13) \cdot 0,943 \cdot (1 + 0,121) = -1535,75 \text{ кН.} \quad (3.34)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot (-10,39) + \frac{9,9 \cdot 14}{2} \cdot (-16,13) \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,1\right) = -1530,03 \text{ кН.} \quad (3.35)$$

$$(3.31) N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot (-10,39) = -322,71 \text{ кН.} \quad (3.36)$$

В3-В4

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 150 = 0,85; \quad (3.37)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+150} = 0,1; \quad (3.38)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,222$:

$$v = 9,86 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot (-99,62) \cdot 1,1 + \frac{9,86 \cdot 14}{2} \cdot (-99,62) \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,1) = -9829,78 \text{ кН.} \quad (3.39)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot (-99,62) + \frac{9,86 \cdot 14}{2} \cdot (-99,62) \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,1\right) = -10425,3 \text{ кН.} \quad (3.40)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot (-99,62) = -3094,2 \text{ кН.} \quad (3.41)$$

C8-H9.H9-C10

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 87,15 = 1,039; \quad (3.42)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+87,15} = 0,154; \quad (3.43)$$

$$\varepsilon = 1.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,139$:

$$v = 10,05 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot 6,16 \cdot 1,1 + \frac{10,05 \cdot 14}{2} \cdot 22,73 \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,154) = 2126,5 \text{ кН.} \quad (3.44)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot 6,16 + \frac{10,5 \cdot 14}{2} \cdot 22,73 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,154\right) = 1954,37 \text{ кН.} \quad (3.45)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot 6,16 = 191,33 \text{ кН.} \quad (3.46)$$

B9-H9

Коефіцієнти:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot \lambda = 1,3 - 0,003 \cdot 37,23 = 1,188; \quad (3.47)$$

$$\mu = \frac{18}{30+\lambda} = \frac{18}{30+37,33} = 0,268; \quad (3.48)$$

$$\varepsilon = 0,85.$$

Інтенсивність еквівалентного навантаження при $\alpha = 0,5$:

$$v = 10,75 \text{ кН/м.}$$

Розрахункові зусилля:

$$N_{\max}^M = q_{\Pi}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = 31,06 \cdot (-0,67) \cdot 1,1 + \frac{10,75 \cdot 14}{2} \cdot (-7,26) \cdot 1,188 \cdot (1 + 0,268) = -845,67 \text{ кН}. \quad (3.49)$$

$$N_{\max}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega + \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \mu\right) = 31,06 \cdot (-0,67) + \frac{10,75 \cdot 14}{2} \cdot (-7,26) \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot 0,286\right) = -567,93 \text{ кН}. \quad (3.50)$$

$$N_{\min}^B = q_{\Pi}^H \cdot \omega = 31,06 \cdot (-0,67) = -20,81 \text{ кН}. \quad (3.51)$$

3.3. Розрахунки вітрових ферм на вітрове навантаження

3.3.1. Визначення розрахункових горизонтальних навантажень від тиску вітру на верхню та нижню вітрові ферми

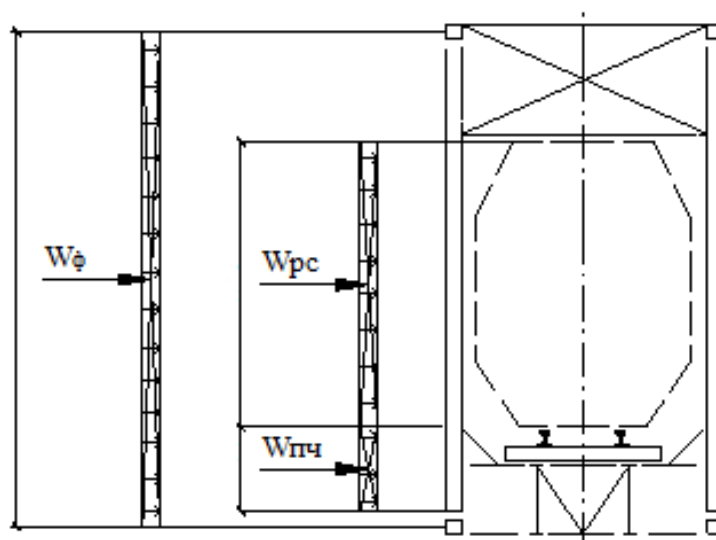


Рисунок 3.12 – Навантаження від тиску вітру на головні ферми, проїзну частину та рухомий склад

На проїзну частину

$$W_{\text{пч}} = W_{n2} \cdot (h_{\phi} + h_{\text{мп}} + h_p - h_{\text{нп}}) = 1,34 \cdot (1,2 + 0,24 + 0,18 - 0,5) = 1,5 \text{ кН/м}, \quad (3.52)$$

де W_{n2} – розрахунковий вітровий тиск на проїзну попередньо розрахований у п. 2.1.9 (кПа).

На рухомий склад

$$W_{pc} = W_{n1} \cdot h_{\text{ваг}} = 1,07 \cdot 3 = 3,21 \text{ кН/м},$$

де W_{n1} – розрахунковий вітровий тиск на рухомий склад попередньо розрахований у п. 2.1.9 (кПа).

На пояси ферми

Висота від РМВ до верхнього поясу ферми для знаходження коефіцієнта висоти споруди C_h :

$$h = h_b + h_r + \frac{H}{2} = 5,3 + 9,5 + \frac{29}{2} = 29,3 \text{ м.} \quad (3.53)$$

Загальний коефіцієнт врахування аеродинамічних показників:

$$C = C_{\text{aer}} \cdot C_d \cdot C_h = 2,15 \cdot 1 \cdot 1,41 = 3,03. \quad (3.54)$$

Отже,

$$W_{n3} = W_0 \cdot C \cdot \gamma_f = 0,5 \cdot 30,3 \cdot 1,15 = 1,75 \text{ кПа.} \quad (3.55)$$

$$W_{\phi} = W_{n3} \cdot H \cdot 0,2 = 1,75 \cdot 29 \cdot 0,2 = 10,13 \text{ кПа.} \quad (3.56)$$

$$W_{\text{вн}} = 0,5 \cdot W_{\phi} = 0,5 \cdot 5,74 = 2,87 \text{ кПа.} \quad (3.57)$$

$$W_{\text{нп}} = 0,5 \cdot W_{\phi} + W_{\text{пч}} + W_{\text{pc}} = 0,5 \cdot 10,42 + 1,50 + 3,21 = 9,78 \text{ кПа.} \quad (3.58)$$

3.3.2. Визначення додаткових зусиль в поясах головних ферм від тиску вітру

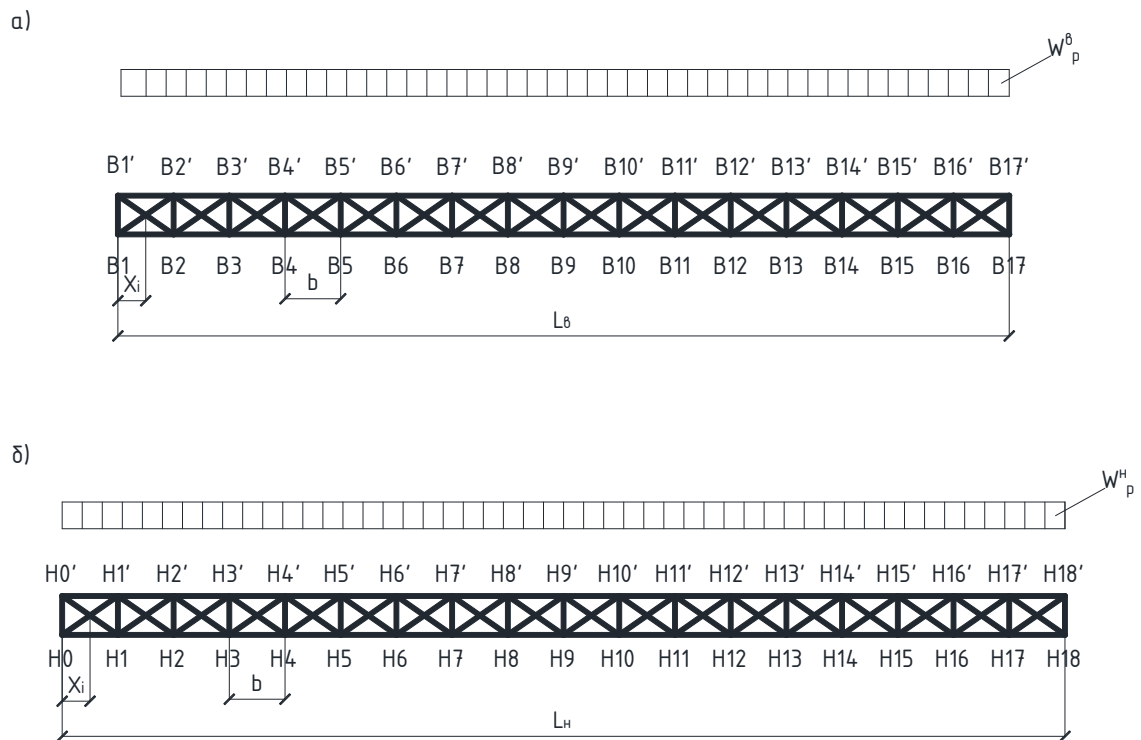


Рисунок 3.13 – Розрахункові схеми для визначення балочних моментів у вітрових фермах: а) для верхньої вітрової ферми, б) для нижньої вітрової ферми

Верхній пояс

Розрахункова довжина верхньої вітрової ферми:

$$L_{\text{рдф}}^B = (n - 2) \cdot d = (17 - 2) \cdot 8,33 = 139,19 \text{ м.} \quad (3.59)$$

B7-B8

Плече до місця перетину вітрових в'язів:

$$x = 57,06 \text{ м.}$$

Балочний момент:

$$M_w = W_{\text{вп}} \cdot \frac{L_{\text{рдф}}^B}{2} \cdot x - W_{\text{вп}} \cdot \frac{x^2}{2} = 5,06 \cdot \frac{139,19}{2} \cdot 57,06 - 2,87 \cdot \frac{57,06^2}{2} = 11867,88 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (3.60)$$

Зусилля:

$$S_w = \frac{M_w}{B} = \frac{11867,88}{5,8} = 2046,19 \text{ кН.} \quad (3.61)$$

B2-B3

Плече до місця перетину вітрових в'язів:

$$x = 14,58 \text{ м.}$$

Балочний момент:

$$M_w = W_{\text{вп}} \cdot \frac{L_{\text{рдф}}^{\text{в}}}{2} \cdot x - W_{\text{вп}} \cdot \frac{x^2}{2} = 5,06 \cdot \frac{139,19}{2} \cdot 14,58 - 5,06 \cdot \frac{14,58^2}{2} = 4600,98 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (3.62)$$

Зусилля:

$$S_w = \frac{M_w}{B} = \frac{4600,98}{5,8} = 793,27 \text{ кН.} \quad (3.63)$$

В3-В4

Плече до місця перетину вітрових в'язів:

$$x = 23,61 \text{ м.}$$

Балочний момент:

$$M_w = W_{\text{вп}} \cdot \frac{L_{\text{рдф}}^{\text{в}}}{2} \cdot x - W_{\text{вп}} \cdot \frac{x^2}{2} = 5,06 \cdot \frac{139,19}{2} \cdot 23,61 - 5,06 \cdot \frac{23,61^2}{2} = 6910,64 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (3.64)$$

Зусилля:

$$S_w = \frac{M_w}{B} = \frac{6910,64}{5,8} = 1191,49 \text{ кН.} \quad (3.65)$$

Нижній пояс

Розрахункова довжина нижньої вітрової ферми:

$$L_{\text{рдф}}^{\text{н}} = 150 \text{ м.}$$

Н8-Н9, Н9-Н10

Плече до місця перетину вітрових в'язів:

$$x = 70,83 \text{ м.}$$

Балочний момент:

$$M_w = W_{\text{нп}} \cdot \frac{L_{\text{рдф}}^{\text{н}}}{2} \cdot x - W_{\text{нп}} \cdot \frac{x^2}{2} = 9,77 \cdot \frac{150}{2} \cdot 70,83 - 9,77 \cdot \frac{70,83^2}{2} = 27420,21 \text{ кН} \cdot \text{м.} \quad (3.66)$$

Зусилля:

$$S_w = \frac{M_w}{B} = \frac{27420,21}{5,8} = 4727,62 \text{ кН.} \quad (3.67)$$

3.4. Гальмівні зусилля

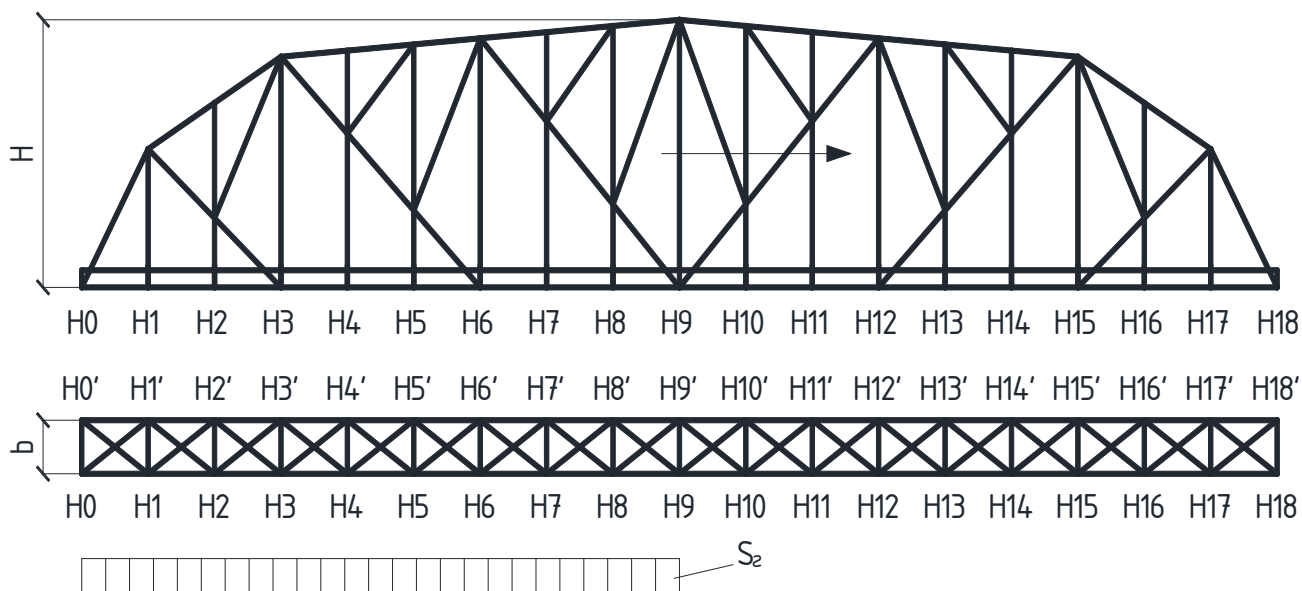


Рисунок 3.14 – Епюра зусиль від гальмування в елементах нижнього поясу ферм

Приймаю відстань між гальмівними в'язями половину прогону ферми
 $L = 75 \text{ м.}$

Коефіцієнт надійності для тимчасового навантаження:

$$\gamma_v = 1,3 - 0,003 \cdot L = 1,3 - 0,003 \cdot 75 = 1,075. \quad (3.68)$$

Гальмівні зусилля

H8-H9, H9-H10

$$S_r = 0,1 \cdot \frac{v_{\max} \cdot K}{2} \cdot \gamma_v \cdot L = 0,1 \cdot \frac{9,84 \cdot 14}{2} \cdot 1,075 \cdot 75 = 555,33 \text{ кН.} \quad (3.69)$$

3.5. Основне сполучення навантажень

На міцність

B3-C4

$$S_M^0 = N_{\max}^M = 5660,01 \text{ кН.}$$

B7-B8

$$S_M^0 = N_{\max}^M = -10181,93 \text{ кН.}$$

B8-C8

$$S_M^0 = N_{\max}^M = -742,96 \text{ кН.}$$

H8-H9,H9-H10

$$S_M^0 = N_{\max}^M = 9180,44 \text{ кН.}$$

B2-B3

$$S_M^0 = N_{\max}^M = -7414,01 \text{ кН.}$$

C2-B3

$$S_M^0 = N_{\max}^M = 1153,33 \text{ кН.}$$

B3-H3

$$S_M^0 = N_{\max}^M = -1535,75 \text{ кН.}$$

B3-B4

$$S_M^0 = N_{\max}^M = -9829,78 \text{ кН.}$$

C8-H9,H9-C10

$$S_M^0 = N_{\max}^M = 2126,5 \text{ кН.}$$

B9-H9

$$S_M^0 = N_{\max}^M = -845,67 \text{ кН.}$$

На витривалістьB3-C4

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = 5644,23 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = 1575,98 \text{ кН.}$$

B7-B8

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = -10797,19 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = -3211,29 \text{ кН.}$$

B8-C8

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = -490,28 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = -99,39 \text{ кН.}$$

H8-H9,H9-H10

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = 9735,65 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = 2893,55 \text{ кН.}$$

B2-B3

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = -7863,94 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = -2330,74 \text{ кН.}$$

C2-B3

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = 753,22 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = 129,83 \text{ кН.}$$

B3-H3

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = -1530,03 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = -322,71 \text{ кН.}$$

B3-B4

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = -10425,3 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = -3094,2 \text{ кН.}$$

C2-H9,H9-C10

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = 1954,37 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = 191,33 \text{ кН.}$$

B9-H9

$$S_{B,\max}^0 = N_{\max}^B = -567,93 \text{ кН.}$$

$$S_{B,\min}^0 = N_{\min}^B = -20,81 \text{ кН.}$$

3.6. Додаткове сполучення навантажень

B7-B8

$$S_{\Pi} = q_{BB}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f = 31,06 \cdot (-103,39) \cdot 1,1 = -3532,42 \text{ кН.} \quad (3.70)$$

$$S_{\Pi V} = \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = \frac{9,83 \cdot 14}{2} \cdot (-103,39) \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,1) = -6651,84 \text{ кН.} \quad (3.71)$$

$$S_M^A = |S_{\Pi}| + |S_{\Pi V}| \cdot \eta_v + |S_w| \cdot \eta_w = 3532,42 + 6651,83 \cdot 0,8 + 2046,18 \cdot 0,7 = 10286,22 \text{ кН.} \quad (3.72)$$

B5-B6

$$S_{\Pi} = q_{BB}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f = 31,06 \cdot (-75,04) \cdot 1,1 = -2563,82 \text{ кН.} \quad (3.73)$$

$$S_{\Pi V} = \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = \frac{9,88 \cdot 14}{2} \cdot (-75,04) \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,1) = -4852,73 \text{ кН.} \quad (3.74)$$

$$S_M^A = |S_{\Pi}| + |S_{\Pi V}| \cdot \eta_v + |S_w| \cdot \eta_w = 3403,61 + 6428,84 \cdot 0,8 + 1191,48 \cdot 0,7 = 9380,74 \text{ кН.} \quad (3.75)$$

H8-H9, H9-H10

$$S_{\Pi} = q_{BB}^H \cdot \omega \cdot \gamma_f = 31,06 \cdot 93,16 \cdot 1,1 = 3182,9 \text{ кН.} \quad (3.76)$$

$$S_{\Pi V} = \frac{v \cdot K}{2} \cdot \omega \cdot \gamma_v \cdot (1 + \mu) = \frac{9,84 \cdot 14}{2} \cdot 93,16 \cdot 0,85 \cdot (1 + 0,1) = 35999,76 \text{ кН.} \quad (3.77)$$

$$S_M^A = |S_{\Pi}| + |S_{\Pi V}| \cdot \eta_v + |S_w| \cdot \eta_w + |S_r| \cdot \eta_r = 3182,9 + 5999,76 \cdot 0,8 + 4727,62 \cdot 0,7 + 555,33 \cdot 0,5 = 11569,72 \text{ кН.} \quad (3.78)$$

3.7. Підбір та перевірки перерізу елементів головних ферм

H8-H5, H9-H10

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м, } b_{\Pi, \Phi} = 0,56 \text{ м, } t_w = 0,020 \text{ м, } t_f = 0,026 \text{ м;}$$

$$b_f = b_{\Pi, \Phi} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,020 = 0,52 \text{ м;}$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,020 + 2 \cdot 0,52 \cdot 0,026 = 0,0494 \text{ м}^2; \quad (3.78)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} - b_{\Pi} \cdot t_f = 0,0494 - 0,020 \cdot 0,025 \cdot 10 - 0,27 \cdot 0,026 = 0,0374 \text{ м}^2. \quad (3.79)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^0}{A_{nt}} = \frac{11569,71}{0,0374} = 309185,56 \text{ кПа}. \quad (3.80)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$309185,56 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{309185,56 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 1,85\% \leq 5\% - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,max}^0}{A_{nt}} = \frac{11569,71}{0,0374} = 309185,36 \text{ кПа}. \quad (3.81)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,min}^0}{S_{B,max}^0} = \frac{2893,54}{9735,65} = 0,297. \quad (3.82)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,6 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,6 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,278} = 1,3 \leq 1. \quad (3.83)$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$309185,36 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

B7-B8

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м, } b_{п.ф} = 0,56 \text{ м, } t_w = 0,014 \text{ м, } t_f = 0,026 \text{ м;}$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,014 = 0,532 \text{ м;} \quad (3.84)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,014 + 2 \cdot 0,532 \cdot 0,026 = 0,0433 \text{ м}^2 \quad (3.85)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} - b_{п} \cdot t_f = 0,0433 - 0,014 \cdot 0,025 \cdot 10 - 0,27 \cdot 0,026 = 0,0328 \text{ м}^2. \quad (3.86)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^0}{A_{nt}} = \frac{10286,22}{0,0328} = 313375,1 \text{ кПа.} \quad (3.87)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа.} \quad (3.88)$$

Отже,

$$313375,1 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{313375,1 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 0,52\% \leq 5\% - \text{умова не виконана. Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам.}$$

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,\max}^0}{A_{nt}} = \frac{S_M^0}{A_{nt}} = \frac{10286,22}{0,0328} = 313375,1 \text{ кПа.} \quad (3.89)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,\min}^0}{S_{B,\max}^0} = \frac{3211,29}{10797,18} = 0,297. \quad (3.90)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,297} = 6,88 \leq 1. \quad (3.91)$$

$$\text{Приймаємо } \gamma_w = 1.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$313375,1 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на стійкість

$$\sigma_c \leq \varphi \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_c = \frac{S_M^0}{A_{br}} = \frac{10286,22}{0,0253} = 237315,99 \text{ кПа.} \quad (3.92)$$

Знаходження коефіцієнта стійкості φ :

$$I = 2 \cdot \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[\frac{0,014 \cdot 0,56^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{0,532 \cdot 0,026^3}{2} + 0,532 \cdot 0,026 \cdot 0,562 - 0,02622 \right] = 0,002383 \text{ м}^4. \quad (3.93)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{br}}} = \sqrt{\frac{0,002383}{0,0433}} = 0,234 \text{ м.} \quad (3.94)$$

$$\lambda = \frac{d}{i} = \frac{8,36}{0,234} = 35,65. \quad (3.95)$$

$$\varphi = 0,857.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m = 0,857 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 270080,32 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$237315,99 \text{ кПа} \leq 270080,32 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

B2-B3

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м, } b_{п.ф} = 0,56 \text{ м, } t_w = 0,012 \text{ м, } t_f = 0,016 \text{ м;}$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,012 = 0,536 \text{ м;} \quad (3.96)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,536 \cdot 0,016 = 0,0306 \text{ м}^2 \quad (3.97)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} - b_{п} \cdot t_f = 0,0305 - 0,012 \cdot 0,025 \cdot 10 - 0,27 \cdot 0,016 = 0,0233 \text{ м}^2. \quad (3.98)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^0}{A_{nt}} = \frac{7001,05}{0,0232} = 300835,86 \text{ кПа.} \quad (3.99)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$300835,86 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{300835,86 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 4,5\% \leq 5\% - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,\max}^0}{A_{nt}} = \frac{7001,05}{0,0232} = 300835,86 \text{ кПа.} \quad (3.100)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,\min}^0}{S_{B,\max}^0} = \frac{-2330,74}{-7863,94} = 0,296. \quad (3.101)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta - \delta) - (\alpha \cdot \beta + \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 - 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 + 0,24) \cdot 0,296} = 6,839 \leq 1. \quad (3.102)$$

$$\text{Приймаємо } \gamma_w = 1.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$300835,86 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на стійкість

$$\sigma_c \leq \varphi \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_c = \frac{S_M^0}{A_{br}} = \frac{7001,05}{0,0305} = 228852,39 \text{ кПа.} \quad (3.103)$$

Знаходження коефіцієнта стійкості φ :

$$I = 2 \cdot \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[\frac{0,012 \cdot 0,56^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{0,536 \cdot 0,016^3}{2} + 0,536 \cdot 0,016 \cdot 0,562 - 0,01622 = 0,001621 \text{ м}^4. \right. \quad (3.104)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{br}}} = \sqrt{\frac{0,001621}{0,0305}} = 0,23 \text{ м}. \quad (3.105)$$

$$\lambda = \frac{d}{i} = \frac{9,72}{0,23} = 42,23 \quad (3.106)$$

$$\varphi = 0,829.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m = 0,829 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 261085,45 \text{ кПа}. \quad (3.107)$$

Отже,

$$228852,39 \text{ кПа} \leq 261085,45 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

B3-B4

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м}, b_{п.ф} = 0,56 \text{ м}, t_w = 0,016 \text{ м}, t_f = 0,022 \text{ м};$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,016 = 0,528 \text{ м}; \quad (3.107)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,46 \cdot 0,016 + 2 \cdot 0,528 \cdot 0,022 = 0,0412 \text{ м}^2 \quad (3.108)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} - b_{п} \cdot t_f = 0,0412 - 0,016 \cdot 0,025 \cdot 10 - 0,27 \cdot 0,022 = 0,0312 \text{ м}^2. \quad (3.109)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_M = \frac{S_M^0}{A_{nt}} = \frac{9380,73}{0,0312} = 300549,07 \text{ кПа.} \quad (3.110)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$300549,07 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{300549,07 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 4,59\% \leq 5\% - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,max}^0}{A_{nt}} = \frac{9380,73}{0,0312} = 300549,07 \text{ кПа.} \quad (3.111)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,min}^0}{S_{B,max}^0} = \frac{-3094,19}{-10425,29} = 0,297. \quad (3.112)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta - \delta) - (\alpha \cdot \beta + \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,72 \cdot 1,3 - 0,24) - (0,72 \cdot 1,3 + 0,24) \cdot 0,297} = 6,856 \leq 1. \quad (3.113)$$

$$\text{Приймаємо } \gamma_w = 1.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$300549,07 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на стійкість

$$\sigma_c \leq \varphi \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_c = \frac{S_M^0}{A_{br}} = \frac{9380,73}{0,0411} = 227953,38 \text{ кПа}. \quad (3.114)$$

Знаходження коефіцієнта стійкості φ :

$$I = 2 \cdot \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[\frac{0,016 \cdot 0,56^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{0,528 \cdot 0,022^3}{2} + 0,528 \cdot 0,022 \cdot 0,562 - 0,02222 = 0,00215 \text{ м}^4. \quad (3.115)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{br}}} = \sqrt{\frac{0,00215}{0,0193}} = 0,229 \text{ м}. \quad (3.116)$$

$$\lambda = \frac{d}{i} = \frac{9,72}{0,183} = 42,52. \quad (3.117)$$

$$\varphi = 0,827.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m = 0,827 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 260628,65 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$227953,38 \text{ кПа} \leq 260628,65 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

В3-С3

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м}, b_{п.ф} = 0,56 \text{ м}, t_w = 0,01 \text{ м}, t_f = 0,018 \text{ м};$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,01 = 0,54 \text{ м}; \quad (3.118)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,01 + 0,54 \cdot 0,018 = 0,0209 \text{ м}^2; \quad (3.119)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} = 0,0209 - 0,01 \cdot 0,025 \cdot 10 = 0,0184 \text{ м}^2. \quad (3.120)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_M \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_M = \frac{S_M^0}{A_{nt}} = \frac{5660,006}{0,0184} = 307275,07 \text{ кПа.} \quad (3.121)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$307275,07 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{307275,07 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 2,45\% \leq 5\% \quad - \quad \text{умова не виконана.}$$

Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам.

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,max}^0}{A_{nt}} = \frac{5644}{0,014} = 306418,58 \text{ кПа.} \quad (3.122)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,min}^0}{S_{B,max}^0} = \frac{1575,98}{5644,23} = 0,279. \quad (3.123)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,279} = 1,289 \leq 1. \quad (3.124)$$

$$\text{Приймаємо } \gamma_w = 0,992.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$306418,58 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

H8-C8

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,38 \text{ м}, b_{п.ф} = 0,56 \text{ м}, t_w = 0,01 \text{ м}, t_f = 0,01 \text{ м};$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,01 = 0,54 \text{ м}; \quad (3.125)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,38 \cdot 0,01 + 0,54 \cdot 0,01 = 0,0184 \text{ м}^2; \quad (3.126)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} = 0,0184 - 0,01 \cdot 0,025 \cdot 10 = 0,0159 \text{ м}^2. \quad (3.128)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^0}{A_{nt}} = \frac{-742,96}{0,0159} = -46727,12 \text{ кПа}. \quad (3.129)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$46727,12 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{46727,12 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 85,17\% \leq 5\% \quad - \quad \text{умова не виконана}.$$

Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам.

Перевірка на витривалість

$$\sigma_b \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,\max}^0}{A_{nt}} = \frac{-490,28}{0,0159} = -30835,34 \text{ кПа.} \quad (3.130)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,\min}^0}{S_{B,\max}^0} = \frac{-99,39}{-490,28} = 0,203. \quad (3.131)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,202} = 4,35 \leq 1. \quad (3.132)$$

$$\text{Приймаємо } \gamma_w = 1.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$30835,34 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на стійкість

$$\sigma_c \leq \varphi \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_c = \frac{S_M^0}{A_{br}} = \frac{-742,93}{0,0184} = -40378,33 \text{ кПа.} \quad (3.133)$$

Знаходження коефіцієнта стійкості φ :

$$I = 2 \cdot \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[\frac{0,01 \cdot 0,56^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{0,54 \cdot 0,022^3}{2} + 0,528 \cdot 0,022 \cdot 0,562 - 0,0122 \right] = 0,00111 \text{ м}^4. \quad (3.134)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{br}}} = \sqrt{\frac{0,001109}{0,0184}} = 0,246 \text{ м.} \quad (3.135)$$

$$\lambda = \frac{d}{i} = \frac{30,17}{0,245} = 122,88. \quad (3.136)$$

$$\varphi = 0,251.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m = 0,251 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 79182,96 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$40378,33 \text{ кПа} \leq 79182,96 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

C3-B3

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м, } b_{п.ф} = 0,56 \text{ м, } t_w = 0,01 \text{ м, } t_f = 0,01 \text{ м;}$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,01 = 0,54 \text{ м;} \quad (3.137)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + 2 \cdot b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,54 \cdot 0,01 = 0,0166 \text{ м}^2 \quad (3.138)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} = 0,0166 - 0,01 \cdot 0,025 \cdot 10 = 0,0141 \text{ м}^2. \quad (3.139)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_M^0}{A_{nt}} = \frac{1153,33}{0,0141} = 81796,48 \text{ кПа.} \quad (3.140)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$81796,48 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{81796,48 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 74,03\% \leq 5\% \quad - \quad \text{умова не виконана.}$$

Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам.

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,\max}^0}{A_{nt}} = \frac{753,22}{0,0141} = 53420,15 \text{ кПа.} \quad (3.141)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,\min}^0}{S_{B,\max}^0} = \frac{129,83}{753,22} = 0,172. \quad (3.142)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta - \delta) - (\alpha \cdot \beta + \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 - 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 + 0,24) \cdot 0,172} = 1,221 \leq 1. \quad (3.143)$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$53420,15 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

В3-Н3

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,38 \text{ м}, b_{п.ф} = 0,56 \text{ м}, t_w = 0,01 \text{ м}, t_f = 0,012 \text{ м};$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,01 = 0,54 \text{ м}; \quad (3.144)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,38 \cdot 0,01 + 0,54 \cdot 0,012 = 0,0206 \text{ м}^2; \quad (3.145)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} = 0,0206 - 0,01 \cdot 0,025 \cdot 10 = 0,00,0181 \text{ м}^2. \quad (3.146)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^0}{A_{nt}} = \frac{-1535,74}{0,0181} = 85035,85 \text{ кПа}. \quad (3.147)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$85035,85 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{85035,85 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 73\% \leq 5\% - \text{умова не виконана. Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам}.$$

Перевірка на витривалість

$$\sigma_b \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_b = \frac{S_{b,max}^0}{A_{nt}} = \frac{1530,03}{0,0181} = 84719,42 \text{ кПа}. \quad (3.148)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{b,min}^0}{S_{b,max}^0} = \frac{-322,71}{1530,03} = 0,211. \quad (3.149)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,127} = 4,499 \leq 1. \quad (3.150)$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$84719,42 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на стійкість

$$\sigma_c \leq \varphi \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_c = \frac{S_M^0}{A_{br}} = \frac{-1535,74}{0,0206} = -74695,88 \text{ кПа.} \quad (3.151)$$

Знаходження коефіцієнта стійкості φ :

$$I = 2 \cdot \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[\frac{0,01 \cdot 0,56^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{0,54 \cdot 0,012^3}{2} + 0,4 \cdot 0,012 \cdot 0,562 - 0,01222 \right] = 0,001266 \text{ м}^4. \quad (3.152)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{br}}} = \sqrt{\frac{0,001266}{0,0206}} = 0,248 \text{ м.} \quad (3.153)$$

$$\lambda = \frac{d}{i} = \frac{30,17}{0,248} = 121,6. \quad (3.154)$$

$$\varphi = 0,255.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m = 0,255 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 80384,02 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$74695,88 \text{ кПа} \leq 80384,02 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

C8-H9, H9-C10

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,56 \text{ м}, b_{п.ф} = 0,56 \text{ м}, t_w = 0,01 \text{ м}, t_f = 0,01 \text{ м};$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,01 = 0,54 \text{ м}; \quad (3.155)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,56 \cdot 0,01 + 0,54 \cdot 0,012 = 0,0166 \text{ м}^2; \quad (3.156)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} = 0,0166 - 0,01 \cdot 0,025 \cdot 10 = 0,00,0141 \text{ м}^2. \quad (3.157)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^0}{A_{nt}} = \frac{2126,5}{0,0141} = 150815,66 \text{ кПа}. \quad (3.158)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$150815,66 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана}.$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$$\delta = \left| \frac{150815,66 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 52,12\% \leq 5\% - \text{умова не виконана. Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам}.$$

Перевірка на витривалість

$$\sigma_b \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_b = \frac{S_{b,max}^0}{A_{nt}} = \frac{1954,36}{0,0141} = 138607,48 \text{ кПа}. \quad (3.159)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{b,min}^0}{S_{b,max}^0} = \frac{191,32}{1954,36} = 0,098. \quad (3.160)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,127} = 1,177 \leq 1. \quad (3.161)$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$138607,48 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

B9-H9

Геометричні характеристики:

$$h_w = 0,38 \text{ м, } b_{п.ф} = 0,56 \text{ м, } t_w = 0,01 \text{ м, } t_f = 0,01 \text{ м;}$$

$$b_f = b_{п.ф} - 2 \cdot t_w = 0,56 - 2 \cdot 0,01 = 0,54 \text{ м;} \quad (3.162)$$

$$A_{br} = 2 \cdot h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f = 2 \cdot 0,38 \cdot 0,01 + 0,54 \cdot 0,01 = 0,0184 \text{ м}^2; \quad (3.163)$$

$$A_{nt} = A_{br} - t_w \cdot d_o \cdot n_{mid} = 0,0184 - 0,01 \cdot 0,025 \cdot 10 = 0,00,0159 \text{ м}^2. \quad (3.164)$$

Перевірка на міцність

$$\sigma_m \leq R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_m = \frac{S_m^o}{A_{nt}} = \frac{-1845,66}{0,0159} = 53186,68 \text{ кПа.} \quad (3.165)$$

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m = 350000 \cdot 0,9 = 315000 \text{ кПа.}$$

Отже,

$$53186,68 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

Перевірка на недонапруження, яке має становити не більше 5%:

$\delta = \left| \frac{53186.68 - 315000}{315000} \right| \cdot 100\% = 83\% \leq 5\%$ – умова не виконана. Залишаємо розміри мінімально допустимі, або найближчі, що відповідатимуть усім умовам.

Перевірка на витривалість

$$\sigma_B \leq R_y \cdot m \cdot \gamma_w.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_B = \frac{S_{B,\max}^0}{A_{nt}} = \frac{-567.92}{0,0159} = -35718.72 \text{ кПа}. \quad (3.166)$$

Розрахунок коефіцієнта γ_w за умовою:

$$\gamma_w \leq 1.$$

$$\rho = \frac{S_{B,\min}^0}{S_{B,\max}^0} = \frac{-20.81}{-567.92} = 0,037. \quad (3.167)$$

$$\beta = 1,3, \delta = 0,24, \alpha = 0,5.$$

$$\gamma_w = \frac{1}{(\alpha \cdot \beta + \delta) - (\alpha \cdot \beta - \delta) \cdot \rho} = \frac{1}{(0,5 \cdot 1,3 + 0,24) - (0,5 \cdot 1,3 - 0,24) \cdot 0,127} = 2,65 \leq 1. \quad (3.168)$$

Приймаємо $\gamma_w = 1$.

Розрахункова несуча здатність:

$$R_y \cdot m \cdot \gamma_w = 350000 \cdot 0,9 \cdot 1 = 315000 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$35718.72 \text{ кПа} \leq 315000 \text{ кПа} \text{ – умова виконана.}$$

Перевірка на стійкість

$$\sigma_c \leq \varphi \cdot R_y \cdot m.$$

Напруження становлять:

$$\sigma_c = \frac{S_M^0}{A_{br}} = \frac{-845.66}{0,0184} = -45960.23 \text{ кПа}.$$

Знаходження коефіцієнта стійкості φ :

$$I = 2 \cdot \left[\frac{t_w \cdot h_w^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{b_f \cdot t_f^3}{12} + b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[\frac{0,01 \cdot 0,56^3}{12} \right] + 2 \cdot \left[\frac{0,54 \cdot 0,01^3}{2} + 0,54 \cdot 0,01 \cdot 0,562 - 0,0122 \right] = 0,00111 \text{ м}^4. \quad (3.169)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_{br}}} = \sqrt{\frac{0,00111}{0,0184}} = 0,246 \text{ м}. \quad (3.170)$$

$$\lambda = \frac{d}{i} = \frac{30,17}{0,246} = 122,88. \quad (3.171)$$

$$\varphi = 0,251.$$

Розрахункова несуча здатність:

$$\varphi \cdot R_y \cdot m = 0,251 \cdot 350000 \cdot 0,9 = 79182,96 \text{ кПа}.$$

Отже,

$$74695,88 \text{ кПа} \leq 79182,96 \text{ кПа} - \text{умова виконана.}$$

3.8. Розрахунок прикріплень елементів

3.8.1. Визначення кількості болтів прикріплення елементів ферм

B3-C4

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{5660,26}{94 \cdot 0,9} = 66,9 \approx 68 \text{ шт}; \quad (3.172)$$

$$\frac{68}{2} = 34 \text{ шт.}$$

B7-B8

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{10286,22}{94 \cdot 0,9} = 127,59 \approx 122 \text{ шт}; \quad (3.173)$$

$$\frac{122}{2} = 61 \text{ шт.}$$

B8-C8

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{1545,2}{94 \cdot 0,9} = 18,26 \approx 20 \text{ шт}; \quad (3.174)$$

$$\frac{20}{2} = 10 \text{ шт.}$$

H8-H9, H9-H10

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{11569,71}{82 \cdot 0,9} = 136,76 \approx 138 \text{ шт}; \quad (3.175)$$

$$\frac{138}{2} = 69 \text{ шт.}$$

B2-B3

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{7001,05}{94 \cdot 0,9} = 82,75 \approx 84 \text{ шт}; \quad (3.176)$$

$$\frac{84}{2} = 42 \text{ шт.}$$

C2-B3

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{1153,33}{94 \cdot 0,9} = 15,63 \approx 16 \text{ шт}; \quad (3.177)$$

$$\frac{16}{2} = 8 \text{ шт.}$$

B3-H3

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{1535,74}{94 \cdot 0,9} = 18,15 \approx 20 \text{ шт}; \quad (3.171)$$

$$\frac{20}{2} = 10 \text{ шт.}$$

C8-H9, H9-C10

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{2126,50}{94 \cdot 0,9} = 25,14 \approx 26 \text{ шт}; \quad (3.178)$$

$$\frac{26}{2} = 13 \text{ шт.}$$

B9-H9

$$n = \frac{S_M^0}{Q_{bh} \cdot m} = \frac{845,66}{94 \cdot 0,9} = 11,46 \approx 12 \text{ шт}; \quad (3.179)$$

$$\frac{12}{2} = 16 \text{ шт.}$$

3.8.2. Перевірка фасонки на виколювання. Розрахунок товщин фасонки

Розрахунок проводиться у місці розкосу із максимальним розтягуючим зусиллям, а саме у вузлі НЗ, від елемента НЗ-С4 за двома випадками контура виколювання (рис. 3.14).

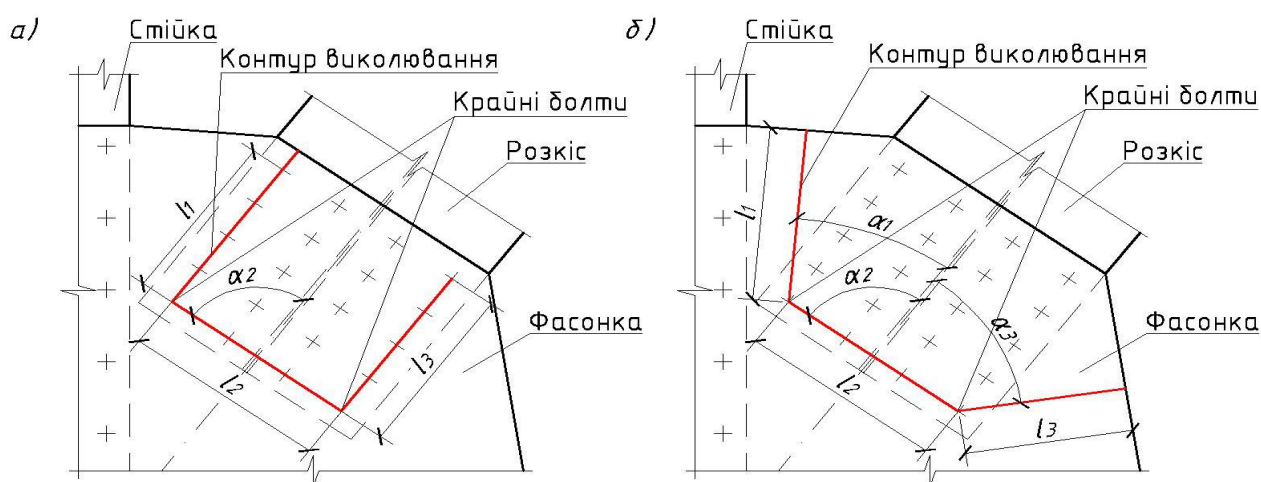


Рисунок 3.15 – Ескізи варіантів контура виколювання фасонки: а) перший випадок; б) другий випадок

Умова товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} \geq \Sigma t_{\phi, \min} = 24 \text{ мм.}$$

B3- C4

Розрахунок за першим випадком контура виколювання

Довжини частин контуру виколювання:

$$l_1 = 0,52 \text{ м}, l_2 = 0,36 \text{ м}, l_3 = 0,52 \text{ м}.$$

Кути між частинами контуру виколювання та віссю елемента:

$$\alpha_1 = 0 \text{ рад}, \alpha_2 = 1,571 \text{ рад}, \alpha_3 = 0 \text{ рад}.$$

Сума товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} = \frac{S_M^0}{0,675 \cdot R_y \cdot m \cdot \Sigma (0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i} = \frac{5660,06}{0,675 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot ((0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,52 + (0,212 \cdot 1,571 + 1) \cdot 0,36 + (0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,36)} = 0,0175 \text{ м} \approx 0,018 \text{ м}. \quad (3.180)$$

Отже:

$$0,018 \geq 0,024 - \text{умова не виконана, приймаємо } \Sigma t_{\phi} = 0,024 \text{ м}.$$

Розрахунок за другим випадком контура виколювання

Довжини частин контуру виколювання:

$$l_1 = 0,494 \text{ м}, l_2 = 0,48 \text{ м}, l_3 = 0,391 \text{ м}.$$

Кути між частинами контуру виколювання та віссю елемента:

$$\alpha_1 = 0,541 \text{ рад}, \alpha_2 = 1,571 \text{ рад}, \alpha_3 = 0,785 \text{ рад}.$$

Сума товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} = \frac{S_M^0}{0,675 \cdot R_y \cdot m \cdot \Sigma (0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i} = \frac{5660,06}{0,675 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot ((0,212 \cdot 0,401 + 1) \cdot 0,494 + (0,212 \cdot 1,571 + 1) \cdot 0,48 + (0,212 \cdot 0,803 + 1) \cdot 0,391)} = 0,0163 \text{ м} \approx 0,018 \text{ м}. \quad (3.181)$$

Отже:

$$0,018 \geq 0,024 - \text{умова не виконана, приймаємо } \Sigma t_{\phi} = 0,024 \text{ м}.$$

Із обох розрахунків приймаємо найбільшу товщину фасонки, а саме $\Sigma t_{\phi} = 0,024 \text{ м}$.

C2-B3

Розрахунок за першим випадком контура виколювання

Довжини частин контуру виколювання:

$$l_1 = 0,2\text{ м}, l_2 = 0,36\text{ м}, l_3 = 0,2\text{ м}.$$

Кути між частинами контуру виколювання та віссю елемента:

$$\alpha_1 = 0\text{ рад}, \alpha_2 = 1,571\text{ рад}, \alpha_3 = 0\text{ рад}.$$

Сума товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} = \frac{S_M^0}{0,675 \cdot R_y \cdot m \cdot \Sigma(0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i} = \frac{1153,33}{0,675 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot ((0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,2 + (0,212 \cdot 1,571 + 1) \cdot 0,36 + (0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,2)} = 0,0062\text{ м} \approx 0,008\text{ м}. \quad (3.182)$$

Отже:

$$0,008 \geq 0,024 - \text{умова не виконана, приймаємо } \Sigma t_{\phi} = 0,024\text{ м}.$$

Розрахунок за другим випадком контура виколювання

Довжини частин контуру виколювання:

$$l_1 = 0,2\text{ м}, l_2 = 0,48\text{ м}, l_3 = 0,126\text{ м}.$$

Кути між частинами контуру виколювання та віссю елемента:

$$\alpha_1 = 0\text{ рад}, \alpha_2 = 1,571\text{ рад}, \alpha_3 = 0\text{ рад}.$$

Сума товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} = \frac{S_M^0}{0,675 \cdot R_y \cdot m \cdot \Sigma(0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i} = \frac{1153,33}{0,675 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot ((0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,2 + (0,212 \cdot 1,571 + 1) \cdot 0,48 + (0,212 \cdot 0,332 + 1) \cdot 0,126)} = 0,0056\text{ м} \approx 0,006\text{ м}. \quad (3.183)$$

Отже:

$$0,006 \geq 0,024 - \text{умова не виконана, приймаємо } \Sigma t_{\phi} = 0,024\text{ м}.$$

Із обох розрахунків приймаємо найбільшу товщину фасонки, а саме $\Sigma t_{\phi} = 0,024\text{ м}$.

C8-H9, H9-C10

Розрахунок за першим випадком контура виколювання

Довжини частин контуру виколювання:

$$l_1 = 0,37 \text{ м}, l_2 = 0,48 \text{ м}, l_3 = 0,37 \text{ м}.$$

Кути між частинами контуру виколювання та віссю елемента:

$$\alpha_1 = 0 \text{ рад}, \alpha_2 = 1,571 \text{ рад}, \alpha_3 = 0 \text{ рад}.$$

Сума товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} = \frac{S_M^0}{0,675 \cdot R_y \cdot m \cdot \Sigma (0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i} = \frac{2126,5}{0,675 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot ((0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,37 + (0,212 \cdot 1,571 + 1) \cdot 0,48 + (0,212 \cdot 0 + 1) \cdot 0,37)} = 0,0072 \text{ м} \approx 0,008 \text{ м}. \quad (3.184)$$

Отже:

$$0,008 \geq 0,024 - \text{умова не виконана, приймаємо } \Sigma t_{\phi} = 0,024 \text{ м}.$$

Розрахунок за другим випадком контура виколювання

Довжини частин контуру виколювання:

$$l_1 = 0,2 \text{ м}, l_2 = 0,48 \text{ м}, l_3 = 0,126 \text{ м}.$$

Кути між частинами контуру виколювання та віссю елемента:

$$\alpha_1 = 0,332 \text{ рад}, \alpha_2 = 1,571 \text{ рад}, \alpha_3 = 0,716 \text{ рад}.$$

Сума товщин фасонки:

$$\Sigma t_{\phi} = \frac{S_M^0}{0,675 \cdot R_y \cdot m \cdot \Sigma (0,212 \cdot \alpha_i + 1) \cdot l_i} = \frac{11569,16}{0,675 \cdot 350000 \cdot 0,9 \cdot ((0,212 \cdot 0,332 + 1) \cdot 0,363 + (0,212 \cdot 1,571 + 1) \cdot 0,48 + (0,212 \cdot 0,716 + 1) \cdot 0,305)} = 0,0394 \text{ м} \approx 0,04 \text{ м}. \quad (3.185)$$

Отже:

$$0,04 \geq 0,024 - \text{умова не виконана, приймаємо } \Sigma t_{\phi} = 0,024 \text{ м}.$$

Із обох розрахунків приймаємо найбільшу товщину фасонки, а саме $\Sigma t_{\phi} = 0,024 \text{ м}$.

3.8.3. Розрахунок товщин стикових накладок. Визначення кількості болтів прикріплення

В3

$$\Sigma t_H \geq \Sigma t_{H.min}.$$

Сума товщин накладок:

$$\Sigma t_H = \frac{\frac{A_p}{2 \cdot (h_H - n_o \cdot d_o)} - t_\phi}{m} = \frac{\frac{0,0312}{2 \cdot (0,56 - 4 \cdot 0,025)} - 0,02}{0,9} = 0,0155 \approx 0,016 \text{ м.} \quad (3.186)$$

де A_p – площа нетто перерізу елемента з найбільшою кількістю болтів з краю елемента по вертикалі [м^2],

h_H – висота накладки, дорівнює висоті елемента поясу [м],

n_o – кількість болтових отворів в першому вертикальному ряду накладки зі сторони центра вузла [шт],

d_o – діаметр отвору для високоміцних болтів [м].

Мінімальна товщина накладок:

$$\Sigma t_{H,\min} = n_H \cdot t_{H,\min} = 2 \cdot 0,008 = 0,016 \text{ мм,}$$

де n_H – кількість накладок у вузлі.

Отже:

$$0,016 \geq 0,016 \text{ – умова виконана, приймаємо } \Sigma t_H = 0,016 \text{ м.}$$

Кількість болтів для прикріплення стикової накладки:

$$n_6 = \frac{(h_H - n_o \cdot d_o) \cdot t_H \cdot R_y}{Q_{bh}} = \frac{(0,56 - 4 \cdot 0,025) \cdot 0,01 \cdot 350000}{82} = 19,63 \approx 20 \text{ шт.} \quad (3.187)$$

H9

$$\Sigma t_H \geq \Sigma t_{H,\min}.$$

Сума товщин накладок:

$$\Sigma t_H = \frac{\frac{A_p}{2 \cdot (h_H - n_o \cdot d_o)} - t_\phi}{m} = \frac{\frac{0,03742}{2 \cdot (0,56 - 4 \cdot 0,025)} - 0,02}{0,9} = 0,0256 \approx 0,026 \text{ м.} \quad (3.188)$$

де A_p – площа нетто перерізу елемента з найбільшою кількістю болтів з краю елемента по вертикалі [м^2],

h_H – висота накладки, дорівнює висоті елемента поясу [м],

n_o – кількість болтових отворів в першому вертикальному ряду накладки зі сторони центра вузла [шт],

d_o – діаметр отвору для високоміцних болтів [м].

Мінімальна товщина накладок:

$$\Sigma t_{n.min} = n_n \cdot t_{n.min} = 2 \cdot 0,008 = 0,016 \text{ мм},$$

де n_n – кількість накладок у вузлі.

Отже:

$$0,026 \geq 0,016 \text{ – умова виконана, приймаємо } \Sigma t_n = 0,026 \text{ м.}$$

Кількість болтів для прикріплення стикової накладки:

$$n_b = \frac{(h_n - n_o \cdot d_o) \cdot t_n \cdot R_y}{Q_{bh}} = \frac{(0,56 - 5 \cdot 0,025) \cdot 0,013 \cdot 350000}{94} = 21,6 \approx 22 \text{ шт.} \quad (3.188)$$

. Проробивши розрахунок головних ферм та в'язів між робимо висновок, що конструкція ферми є до цільною в даному проекті .

РОЗДІЛ 4

ПРОЕКТ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ ПО БУДІВНИЦТВУ МОСТА

В транспортному будівництві головна задача – підвищення ефективності капітальних вкладень шляхом скорочення тривалості і собівартості будівництва, підвищення якості споруд та виробництва. Основними напрямками рішення цієї задачі є: індустріалізація будівництва, підвищення рівня механізації будівельно-монтажних робіт, розробка і впровадження нової технології виготовлення та монтажу конструкцій.

Розвиток промисловості по виготовленню металоконструкцій, застосування автоматичної зварки та впровадження великих монтажних кранів, виготовлення високоміцних легованих сталей дали умови переходу від трудомістких багато розкісних клепаних сталевих прогонових будов з великою кількістю легких елементів до трикутної решітки головних ферм з більш масивними зварними елементами з фракційними з'єднаннями, до балочних прогонових будов коробчастого перерізу, що сприяло досконалості способів монтажу.

В процесі будівництва в конструкціях виникають зусилля та деформації, які суттєво впливають на напружений стан під час експлуатації споруди. Ці додаткові зусилля визначаються на кожній стадії будівництва і враховуються при проектуванні конструкцій. Звідси взаємозв'язок і взаємозалежність проектування конструкцій та технології виробництва. Вона має особливе значення при спорудженні сучасних мостових споруд, які мають складні схеми та конструкції і які потребують освоєння нових технологічних процесів з використанням сучасних машин та устаткування.

4.2. Технологія спорудження опори

Забивка шпунта.

Застосовується шпунт Ларсен VII. Забивання проводиться дизельним молотом одиночної дії СССМ – 07. Дизель молот прикріплений до направляючої, яка підвішена на крані КС 5373, кран знаходиться на плашкоуті із понтонів типу КС-3. Занурюється шпунт на 5,3 м в ґрунт. Шпунт повинен бути

на 75 см вище робочого рівня. Так як глибина котловану 10,6 м використовуються розпірки з двотару №50, також влаштовується обв'язка з двотару №50.



Рисунок 4.1–Забивка шпунту

Розробка ґрунту в котловані.

Ґрунт розробляється грейфером $V=0,75 \text{ м}^3$. При розробці ґрунту використовується кран КС 5373, який знаходиться на плашкоуті з понтонів КС-3.



Рисунок 4.2–Розробка ґрунту в котловані

Забивка паль проводиться дизель-молотом одиночної дії СССМ – 07. Дизель-молот прикріплюється до направляючої, яка підвішена до крана. Між дизель-молотом та палею знаходиться наголовник. Так як глибина води більша ніж довжина палі використовується підбабок.



Рисунок 4.3–Забивка паль

Відкачка води із котловану.

Відкачка води проводиться насосом АЯП – 75. На шпунті влаштовується робочий місто на який встановлюється насос та порозводиться відкачка води.



Рисунок 4.4—Відкачка води з котловану

Укладання тампонажного шару.

Для бетонування тампонажного шару використовуємо бункер з бетонною сумішшю $V=0,8 \text{ м}^3$. Шар влаштовується товщиною 2,6 м.



Рисунок 4.5—Укладання тампонажного шару

На тампонажний шар встановлюється стаціонарна опалубка. Після цього проводиться бетонування ростверку. Бетонування проводиться за допомогою бункера з бетонною сумішшю, що підвішений краном КС 5373, який знаходиться на плашкоуті з понтонів КС-3.



Рисунок 4.6—Бетонування ростверку

Бетонування тіла опори.

На ростверк встановлюється стаціонарна опалубка. Після цього проводиться бетонування тіла опори. Бетонування проводиться за допомогою бункера з бетонною сумішшю, що підвішений краном КС 5373, який знаходиться на плашкоуті з понтонів КС-3.

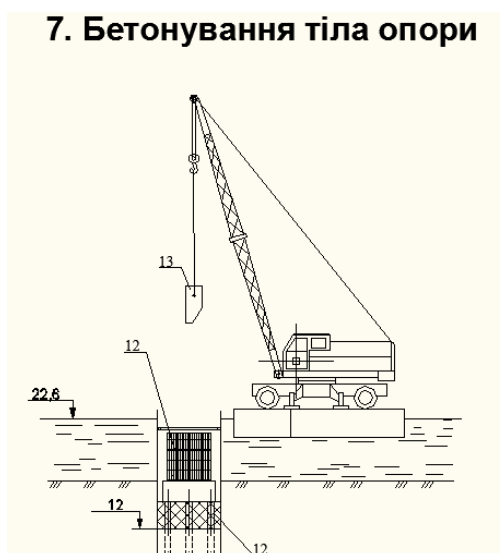


Рисунок 4.7–Бетонування тіла опори

Висмикування шпунта.

Проводиться після бетонування всієї опори за допомогою крана. Шпунт застромлюється та виймається із ґрунту.

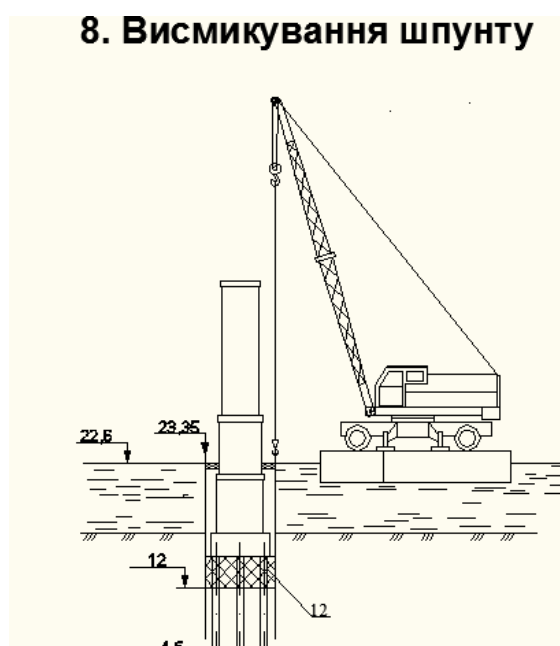


Рисунок 4.8–Висмикування шпунту

4.3. Перевезення прогонових будов на плавучих опорах

Сбір сталевих прогонових будов осторонь з подальшим перевезенням і встановленням їх на місці за допомогою плавучих опор скорочує тривалість будівництва багатопрогонових мостів через великі судноплавні річки. Прогонові будови збирають зазвичай на березі на суцільних підмостях, розташованих з низового боку мосту паралельно або перпендикулярно до обрису води, на проектному або зниженому рівні. Підмостя та пірси збирають, як правило, з інвентарних металевих конструкцій та розраховують на вертикальні та горизонтальні навантаження. Якщо підмости розташовані паралельно берегу, готові прогонові будови викочують на пірси, які влаштовують по лінії опорних вузлів головних ферм (рис, 4.9). Довжину пірсів призначають залежно від довжини плашкоутів плавучих опор та глибини води. Для скорочення довжини пірсів іноді влаштовують так званий ківш, тобто розмивають берег і поглиблюють дно річки для підведення плавучих опор ближче до складальних підмостків. При розташуванні підмостків перпендикулярно берегу готові прогонові будови викочують на плавучі опорори по цим підмосткам (рис. 4.10). Прогонові будови можна також знімати з підмостків, підводячи під них плавучі опори в отвори, які роблять в підмостках. Якщо прогонові будови збирають на зниженому рівні, їх піднімають або при завантаженні на плавучі опори, або при встановленні на постійні опори моста.

Конструкція плавучих опор. Опори для перевезення прогонових будов наплаву складаються з плашкоутів та облаштування (рис, 4.11). Плашкоути збирають з інвентарних понтонів КС-3 або КС-63, що являють собою закриті металеві зварені прямокутні коробки розміром 7,2 х 3,6 х 1,8 м. Понтони складаються з жорсткого каркаса, обшитого листовою сталлю товщиною 3 і 4 мм. Усередині вони розділені поздовжньою перегородкою на два відсіки. Маса понтону КС-3 дорівнює 5,9 т, а КС-63 - 7,2 т. При сухому борту 0,5 м понтон КС-3 має вантажопідйомність 27 т, а КС-63 - 26 т.

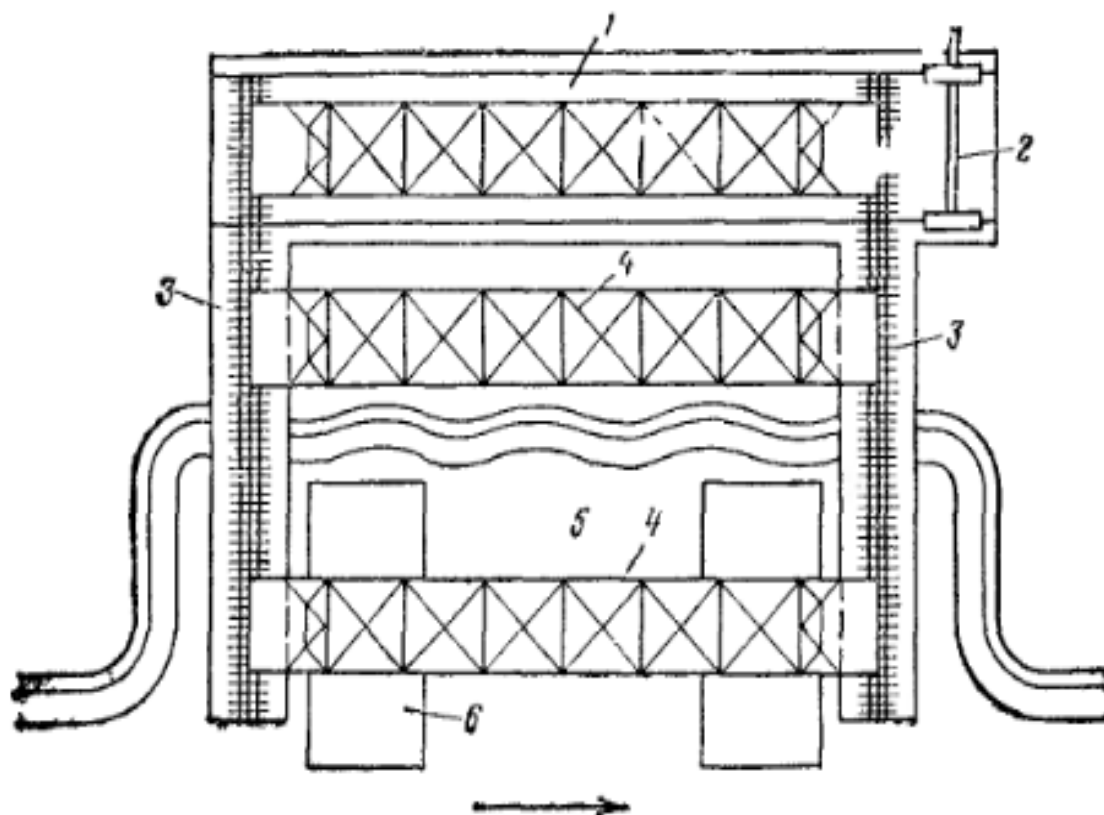


Рисунок 4.9– План збірних риштування та пірсів для викочування прогонових будов :1-Збірні риштування; 2-монтажний кран; 3-пірси; 4-прогонова будова; 5-ковш; 6-плавуча опора.

Для з'єднання в плашкоути понтони мають по ребрах бортові кутики 150+100x10 мм з отворами діаметром 30 мм через 90 мм. Понтони з'єднують накладками та болтами діаметром 27 мм у кількості, що визначається розрахунком залежно від конструкції та розмірів плашкоута та діючих навантажень. З інвентарних понтонів можна збирати плашкоути прямокутної, Н-подібної та інших форм, будь-яких розмірів у плані та висотою 1,8 або 3,6 м (понтони на ребро). Для перевезення прогонових будов можна також використовувати баржі, які мають паспорт Річкового реєстру СРСР. Баржі зазвичай посилюють фермами, що забезпечують рівномірну передачу навантаження від облаштування на корпус судна. Облаштування плашкоутів складається із інвентарних металевих елементів. Висоту облаштування

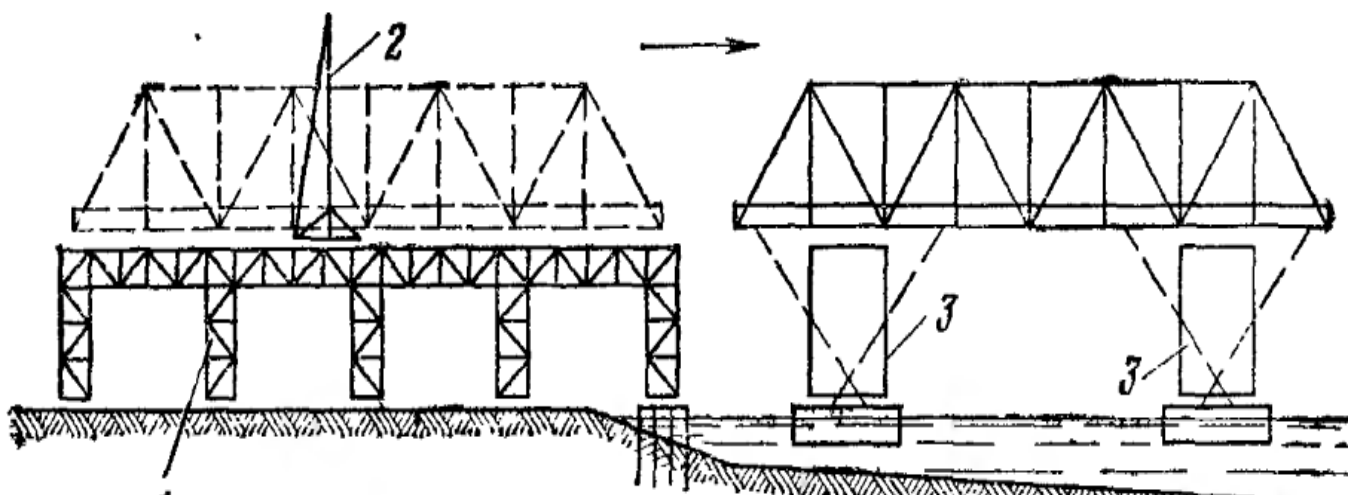


Рисунок 4.10– Схема викочування прогонової будови на плавучі опори по суцільним риштуванням: 1-риштування; 2-Кран; 3-плавучі опори .

плавучих опор призначають виходячи з можливого вищого рівня води під час перевезення прогонових будов. При зниженні рівня води опори перед прийомом прогонової будови наросчують клітками з брусів.

Технологія перевезення прогонових будов. Всі роботи з перевезення прогонових будов виконують за спеціальним проектом і докладною інструкцією, складеною з урахуванням місцевих умов. Перед початком робіт проводять випробування плавучих опор та якорів, а також інструктаж технічного персоналу та робітників. Плавучі опори випробовують навантаженням, більшим за розрахункове. Випробування проводять підведенням плавучої опори під прогонову будову та розбаластуванням її.

Якоря випробовують на навантаження, також більше за розрахункове; випробовувати їх можна поліспастами, закріпленими за опори моста або інші надійні анкери. Шляхи руху плавучих опор повинні бути протралені до глибини, що на 50 см перевищує максимальну осадку плавучі опори. Під час перевезення встановлюють зв'язок із місцевим управлінням судноплавства та метеорологічною службою, отримують прогноз погоди. Прогонові будови дозволяється перевозити при швидкості вітру не більше 10 м/с. На прогонову будову встановлюють прилади для вимірювання сили та визначення напрямку

вітру. Процес перевезення прогонової будови на плавучих опорах складається з наступних операцій: зняття прогонової будови з пірсів, переміщення плавучої системи до місця установки, заводка системи в проліт і опускання прогонової будови на опорні частини. З пірсів прогонову будову знімають за допомогою плавучих опор, які спочатку заповнюють баластом, підводять під вузли прогонової будови, а потім розбаластують. Плавучі опори, піднімаючись, приймають на себе вагу прогонової будови. Після цього прогонову будову закріплюють за плашкоути тросами. Розбаластування (видалення води з понтонів) проводять або відкачуванням води насосом, або відтисканням її стисненим повітрям. Плавучі опори з проговною будовою переміщують до опор моста на невеликі відстані за допомогою лебідок, тросів і якорів, а на великі відстані – за допомогою буксирів. Розташування якорів для переміщення плавучої системи має забезпечувати безперешкодний прохід плавучих опор та буксирів. Плавуча система, що переміщується буксиром, повинна бути забезпечена аварійними якорями, розрахованими на утримання системи при ретрі 12,5 кг/м. Плавучу систему заводять у проліт за допомогою лебідок та тросів, закріплених за якоря та постійні опори мосту (рис. 4.12). Після установки плавучої системи по осі мосту проводять баластування плавучих опор на опускання прогонової будови на опорні частини.

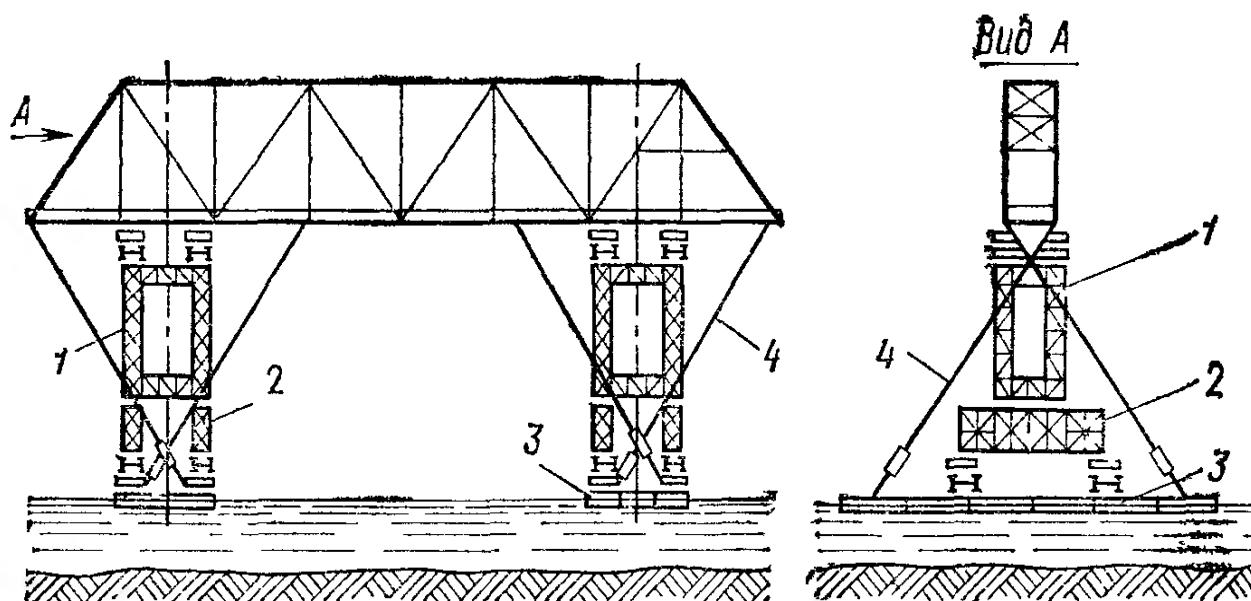


Рисунок 4.11—Плавуча опора з інвентарних понтонів і конструкція облаштування :1- облаштування;2-розподільвальна ферма; 3-платформу;4-тяжі.

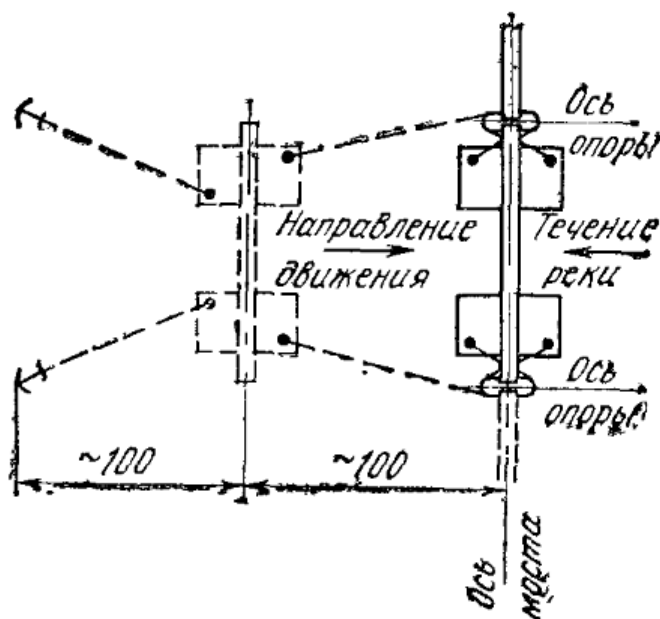


Рисунок 4.12— Схема заводки плавучої системи в прогон мосту

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

5.1 Вимоги безпеки праці під час влаштування металевої нерозрізної прогонової будови на автодорожніх мостах

5.1.1 Машини і механізми які використовуються під час влаштування металевої прогонової будови на автодорожніх мостах

Машини і механізми які використовуються під час влаштування нерозрізної прогонової будови залежать від способу монтажу. У нашому випадку це насув. При цьому використовуються такі машини і механізми: домкрати, вантажний автотранспорт, крани, ручний електричний і механічний інструмент.

5.1.2 Роботи при влаштуванні металевої нерозрізної прогонової будови на автодорожніх мостах.

Насув нерозрізної прогонової будови як правило проходить за таким алгоритмом. В першу чергу проходять роботи по збірці прогонової будови на стапелі на одному з берегів. Далі або одночасно з цим проходить улаштування тимчасових та капітальних опор. Під час насуву прогонову будову штовхають спеціальними домкратами і/або тягнуть за допомогою тросів. На кінці прогонової будови зі сторони яка перша виходить з якої починається насув кріпиться аванбек. Це спеціальний пристрій за допомогою якого компенсується прогин прогонової будови під час насуву. Для насуву використовуються спеціальні домкрати які штовхають прогонову будову по направляючим. Але перед тим як насувати прогонову будову її необхідно зібрати. Зборка прогонової будови відбувається на направляючих на осі

5.1.3 Опис небезпечних та шкідливих факторів

До небезпечних факторів які виникають при цьому можна віднести рухомі машини, підйомно-транспортне обладнання, незахищені елементи

виробничого обладнання, висота, електричний струм, підвищена температура оброблюваних поверхонь.

До шкідливих факторів можна віднести підвищену або понижену температуру робочої зони, висока вологість і висока швидкість вітру, сонячне випромінювання, запиленість робочої зони.

5.1.4 Вимоги безпеки

Вимоги безпеки визначаються діючим нормативним документом. На момент написання цієї роботи діючим нормативним документом є типові положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці – НПАОП 0.00-4.12.05 .

Першим заходом з охорони праці є навчання з питань охорони праці на виробництві. Цей спосіб є загальним для усіх видів робіт.

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи, а також учні, курсанти, слухачі та студенти під час трудового і професійного навчання проходять на підприємстві за рахунок роботодавця інструктажі, навчання та перевірку знань з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки у разі виникнення аварії.

На підприємствах на основі НПАОП 0.00-4.12.05, з урахуванням специфіки виробництва та вимог нормативно-правових актів з охорони праці, розробляються і затверджуються відповідні положення підприємств про навчання з питань охорони праці, а також формуються плани-графіки проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці, з якими мають бути ознайомлені працівники.

Організацію навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників, у тому числі під час професійної підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації на підприємстві здійснюють працівники служби кадрів або інші спеціалісти, яким роботодавцем доручена організація цієї роботи.

Навчання з питань охорони праці в частині організації навчального процесу (формування навчальних груп, розробка навчально-тематичних планів та програм, форм навчальної документації та порядок їх ведення тощо)

здійснюється відповідно до вимог законодавства та нормативно-правових актів у галузі освіти.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною безпекою, повинні попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Особи, які суміщають професії, проходять навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці як з їхніх основних професій, так і з професій за сумісництвом.

Деякі роботи, зазначені у НПАОП 0.00-2.01-05 Перелік робіт з підвищеною небезпекою, затвердженому наказом МОЗ та Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 №15 і зареєстрованому Міністерством юстиції України 15.02.2005 №232/10512 (далі - роботи підвищеної небезпеки), проходять щорічне спеціальне навчання і перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Ще одним з методів охорони праці є організація проведення інструктажів з питань охорони праці.

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці (далі - інструктажі) поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Також є нормативний документ уточнюючий заходи безпеки безпосередньо під час проведення будівельних робіт - НПАОП 45.21-1.03-98. Правила безпеки під час проведення робіт з будівництва мостів.

Ці норми НПАОП 45.21-1.03-98 встановлюють правила поведінки на будівельному майданчику, описуються необхідні дії для уникнення аварійних ситуацій, а також шляхи їх вирішення. У змісті НПАОП 45.2-7.02-12 Охорона праці і промислова безпека у будівництві описанні наступні пункти:

Вимоги безпеки під час проведення робіт:

Будівельний майданчик і робочі місця.

Будівельні майданчики площадки будівельних і промислових підприємств з об'єктами будівництва, що знаходяться на них, виробничими і санітарно-побутовими приміщеннями і спорудами), ділянки робіт і робочі місця мають бути підготовленими для безпечного виконання робіт.

Під час виконання робіт на будівельному майданчику роботодавець повинен забезпечити працівників санітарно-побутовими приміщеннями, питною водою і медичним обслуговуванням згідно з колективним договором (угодою).

На будівництві об'єктів із застосуванням вантажопідіймальних кранів, якщо до небезпечних зон переміщення вантажів кранами межі яких визначаються Додатком Д до НПАОП 45.2-7.02-12.

Забезпечення пожежної безпеки на будівельних майданчиках забезпечується відповідно до Закону України «Про пожежну безпеку», НАПБ А.01.001 Правила пожежної безпеки в Україні, НАПБ Б.03.002 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Вантажно-розвантажувальні роботи.

Вантажно-розвантажувальні роботи (далі – ВРР) на будівельному майданчику виконуються механізованим способом відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації

вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.

Вимоги до безпеки перевезення людей.

Перевезення людей на автомобільних транспортних засобах, які спеціально призначені для цього, здійснюється з дотриманням вимог “Правил дорожнього руху України”.

Вантажні бортові автомобілі, що призначені для перевезення людей, обладнуються відповідно до вимог “Правил дорожнього руху” і НПАОП 0.00-1.62-12 Правила охорони праці на автомобільному транспорті.

Забезпечення загальної електробезпеки.

Електробезпека на будівельно-монтажному майданчику забезпечується дотриманням вимог НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. Улаштування, розміщення і експлуатація електроустановок має відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.

Експлуатація машин і обладнання.

Машини та обладнання, що експлуатуються містобудівельними підрозділами, повинні мати паспорти та інструкції з експлуатації. Ті, що підлягають реєстрації в органах Держнаглядохоронпраці, враховуються в журналі інженерно-технічних працівників (далі – ІТП) по нагляду після їх реєстрації, а всі інші вантажопідіймальні машини реєструються в журналі ІТП по нагляду за вантажопідіймальними машинами згідно з НПАОП 0.00-1.72-14 Правила з охорони праці під час експлуатації великовантажних автомобілів та інших технологічних транспортних засобів під час розробки рудних і нерудних копалин відкритим способом.

Персонал, що обслуговує машину, керується інструкцією заводу-виготовлювача з монтажу та експлуатації машини та НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.

Персонал, який користується ручним електроінструментом, керується інструкцією заводу-виготовлювача та НПАОП 0.00-1.71-13 Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями.

Спеціальні допоміжні споруди та улаштування, їх монтаж і демонтаж.

Виготовлення, монтаж і демонтаж спеціальних допоміжних споруд і улаштувань (риштувань, допоміжних опор, перекатних пірсів, огорожувальних улаштувань, плавучих опор та т. ін.) проводиться згідно з робочою документацією.

Опис заходів безпеки при будівельно-монтажних роботах.

У робочій зоні монтажних робіт не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб.

Під час зведення споруд забороняється виконувати роботи, пов'язані з перебуванням людей на одній ділянці на поверхах, над якими, переміщують встановлюють і тимчасово закріплюють елементи конструкцій та обладнання.

За неможливості розподілення будинків і споруд на окремі ділянки одночасне виконання монтажних та інших будівельних робіт на різних поверхах (ярусах) дозволяється тільки за наявності між ними надійних (підтверджених відповідними розрахунками на дію ударних навантажень) міжповерхових перекриттів, що передбачені у ПВР.

Монтаж конструкцій необхідно починати з просторово стійкої частини: сполучного елемента, ядра жорсткості тощо.

Відповідно до НПАОП 0.00-1.15-07 Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті - Під час організації робіт на висоті слід урахувати, що основними небезпечними виробничими факторами під час виконання цих робіт є падіння працівника або падіння предметів; супутніми можуть бути фактори: пожежна небезпека, дія електричного струму, підвищені рівні запиленості, загазованості повітря, шуму, несприятливі кліматичні умови тощо.

Працівники забезпечуються спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до вимог Закону України "Про охорону праці" та НАОП 45.21-1.03-98.

Під час виконання бетонних і залізобетонних робіт передбачаються заходи, які забезпечують безпеку виробничого процесу і запобігають можливому впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників згідно з ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Указані роботи виконуються згідно з вимогами НПАОП 45.2-7.02-12 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення НПАОП 45.2-7.02-12 і НАОП 45.21-1.03-98.

5.2 Дії працівників в аварійних ситуаціях

Опис аварійної ситуації:

Локальна несправність лінії електропередачі у місці підключення ручного електричного інструменту.

Можливі небезпеки: ураження електричним струмом.

Дії працівників у такому разі повинні проходити у такому порядку:

1. Припинити використання несправної лінії електропередачі.
2. Знеструмити ділянку несправності.
3. Кваліфікований спеціаліст має усунути несправність, перед продовженням використання лінії електропередачі.
4. Переконатись що несправність усунута.
5. Підключити струм.

При такого виду аварійній ситуації можливе ураження електричним струмом. При ураженні струмом робітника необхідно надати йому першу медичну допомогу. В першу чергу треба якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання. Дотик до струмопровідних частин (мережі під напругою) у більшості випадків призводить до судом м'язів, тобто людина самотійно не в змозі відірватися від провідника. Тому необхідно швидко знеструмити ту частину

електрообладнання, до якої доторкається людина. Потерпілого можна також відтягнути від струмопровідних частин за одяг, уникаючи дотику до навколишніх металевих предметів та до відкритих частин тіла потерпілого. Відтягуючи потерпілого за ноги, не можна торкатися його взуття, оскільки воно може бути сирим і стає провідником електричного струму. Той, хто надає допомогу, повинен одягнути діелектричні рукавиці або обмотати їх шарфом, натягнути на них рукав піджака або пальта. Можна також ізолювати себе, ставши на гумовий килимок, суху дошку тощо.

Після звільнення потерпілого від дії струму потрібно відразу ж надати йому необхідну медичну допомогу. Виділяють три стани людського організму внаслідок дії електроструму:

– I стан – потерпілий при свідомості. Слід забезпечити повний спокій, 2-3 годинне спостереження, виклик лікаря.

– II стан – потерпілий непритомний, але дихає. Людину покласти горизонтально, розстебнути комір і пасок, дати нюхати нашатирний спирт, викликати лікаря.

– III стан – потерпілий не дихає або дихає з перервами, уривчасто. Роблять штучне дихання і непрямий масаж серця.

Якщо потерпілий після звільнення від дії електричного струму і надання медичної допомоги прийшов до тями, його не слід одного відправляти додому або допускати до роботи. Такого потерпілого слід доставити в лікувальний заклад, де за ним буде встановлено спостереження, так як наслідки від впливу електричного струму можуть проявитися через кілька годин і привести до більш важких наслідків.

ВИСНОВОК

У даній кваліфікаційній роботі згідно завдання було пророблено 3 варіанти мостового переходу .Потім було розглянуто три конструкції 150м металевих ферм, побудовано лінії впливу та вибрано найкращий варіант .Далі було пророблено розрахунок балок проїзної частини та розрахунок головних ферм і в'язів між ними за вибраним варіантом . Також було розроблено проект організації будівництва мосту .

Зважаючи на все віще перераховане робимо висновок, що дана прогонова будова повністю задовольняє вимоги для даного мотового переходу

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Косяк В. М., Тарасенко В. П., Попович М. М. Методичні вказівки по складанню варіантів металевих мостів. – 2009.
2. ДСТУ Б В.2.3-1-95. Габарити підмостові судноплавних прогонів мостів на внутрішніх водних шляхах – 1997.
- Тарасенко В. П. Методичні вказівки по розрахунку металевих мостів
Частина
3. Розрахунок балок проїзної частини. – 1999.
4. Тарасенко В. П. Методичні вказівки по розрахунку металевих мостів
Частина розрахунок головних ферм, зв'язок між фермами та розрахунок опорних частин. – 2000.
5. ДБН В.2.3.-14:2006 Мости та труби.
6. ДБН В.1.2.-15:2009 Мости та труби. Навантаження і впливи.
7. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Текст]: ДБН В.1.2-15:2009 / затв.: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 11.11.2009 р. № 484 / Мінрегіонбуд України. – К., 2009.
8. Закон України про охорону праці: / із змінами і доповненнями внесено Законами України 19.12.2017 р. № 2249–VIII – К.: 2017 р. – 668 с.
9. Закон України про пожежну безпеку: / із змінами і доповненнями внесено Законами України 05.07.2012 р. № 5081–VI – К.: 2013 р. – 458 с.
10. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12) / наказ Мінрегіону від 30.12.2011 № 417 – К., 2012.

11. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників / наказ від 25.01.2012 № 67 "Про затвердження Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників" / Міністерство надзвичайних ситуацій України (МНС) – К.:, 2012.

12. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації / Постанова від 01.12.1999 № 39/ Міністерство охорони здоров'я (МОЗ) – К.:, 1999.

13. Правила судноплавства на внутрішніх водних шляхах України / Наказ Міністерства транспорту України від 16 лютого 2004 року № 91/ Міністерство юстиції України – К.:, 2004.

14. Проектирование мостов / М.Е Евграфов, Н.Н Богданов – Москва.: «Транспорт», 1988.