

МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПРОГОНОВИХ БУДОВ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

Гулага Б.І., ДМ- 42-17, Лобач Р.Б., ДМ- 41-17, ХНАДУ

Керівник: к.т.н., доц. каф. МКБМ – Краснов С.М.

Метал один з найбільш досконалих матеріалів, що застосовуються для будівельних конструкцій. Метал як будівельний матеріал для мостів застосовується дуже давно. У мостах металевими роблять прогонові будови, опори же влаштовують бетонними, ж / б або кам'яними. У рідкісних випадках опори можуть бути металевими (особливо високі мости, віадуки, шляхопроводи та естакади).

Переваги металевих прогонових будов:

- висока індустріальність виготовлення;
- зручність монтажу, незалежно від пори року;
- високий темп монтажу сталевих прогонових будов;
- порівняно невелика вага монтажних блоків, що дозволяє застосовувати прості схеми монтажу стріловидними кранами, а при неможливості таких схем застосовувати навісний, напівнавісний спосіб монтажу або спосіб поздовжнього насування;
- можливість перекриття великих прольотів, за рахунок високої міцності стали і невеликому власній вазі конструкції;

- порівняльна простота відновлення конструкції в разі пошкодження, а також простота посилення, у разі необхідності;

Недоліки металевих прогонових будов:

- висока витрата прокатного металу, що володіє досить високою вартістю, в порівнянні з арматурної сталлю і вартістю залізобетону;
- великі експлуатаційні витрати, пов'язані з необхідністю періодичного забарвлення металоконструкцій.

Найчастіше металеві мости проектують із застосуванням балкової статичної схеми, яка дозволяє перекривати прольоти від малих до 300-500 м. За статичної схемою балкові мости можуть бути розрізними, нерозрізними і балочно-консольними.

У всіх видах балкових прогонових будов під дією вертикальних навантажень виникають тільки вертикальні опорні реакції. Це полегшує влаштування опор, особливо при їх великій висоті. В балочних мостах головними несучими елементами можуть бути як балки, з улаштуванням, так і балки з наскрізною стінкою (ферми).

Розрізні балкові прогонові будови перекривають проліт окремо, незалежно від інших. У цьому випадку конструкція прогонових будов виходить простий, легко піддається стандартизації. Робота розрізного балочного прогонової будови не залежить від роботи сусідніх.

Нерозрізні балкові прогонові будови перекривають зазвичай три або більше прольотів однієї головної несучої балочної конструкцією.

Балочно-консольні системи по своїй роботі близькі до нерозрізним балках, так як зазвичай додаткові шарніри ставлять в місцях, близьких до нульових точок епюри моментів в нерозрізних балках. Але в той же час, так як ця система статично визначна, в ній не виникають додаткові зусилля в разі просідання опор.

Арочні металеві мости будують тільки у випадках відповідних для цього природних умов. Витрата металу на арку виходить меншим, ніж в балочних мостах, так як арочні прогонові будови є распорной системою, тобто при дії на них вертикальних навантажень на опори передаються не тільки вертикальні впливу, а й горизонтальні (розпір).

Рамні прогонові будови в металевих мостах застосовують рідко, в основному в переходах через великі яри, балки або в шляхопроводах. Легкі металеві опори (стійки) рамної системи покращують зовнішній вигляд конструкції.

У вантових мостах головною несучою конструкцією є балка жорсткості, а ванти, що підтримують її в прольоті, служать як би пружними опорами.

Висячі металеві прогонові будови використовують для перекриття найбільших прольотів. Основним несучим елементом в висячій системі служить кабель. Для збільшення жорсткості висячої системи влаштовують розрізну або нерозрізну балку жорсткості [1-8].

Конструкції балкових мостів з фермами

Балкові прогонові будови з фермами застосовують для перекриття прольотів від 30 - 40 до 300 - 500 м. Зазвичай прогонові

будови з фермами при прольотах, що перевищують 50 м, менш металомістких, ніж балкові, з улаштуванням. Але вони складніше по конструкції, виготовлення і монтажу. Тому прогонові будови з фермами економічно доцільні для прольотів більше 70 - 80 м. В діапазоні прольотів 60 - 80 м прогонові будови з суцільними балками і з гратчастими фермами приблизно рівноцінні.

Прогонові будови з гратчастими фермами можуть бути як з їздою по верху, так і з їздою по низу. Якщо позначки проїзду дозволяють (мається достатня будівельна висота), краще застосовувати їзду по верху. Однак при перекритті великих прольотів будівельна висота стає настільки великою, що далеко не завжди її можна розмістити на існуючому профілі. У цьому випадку доцільніше прогонові будови з фермами і їздою по низу, що дозволяють звести до мінімуму будівельну висоту прогонових будов.

При їзді по верху компоновка прогонових будов з фермами подібна загальним пристрою прогонових будов, з улаштуванням, з заміною балок, з улаштуванням на ферми.

Балкові прогонові будови з фермами можуть бути розрізними, нерозрізними і балочно-консольними. В даний час ферми найчастіше мають просту трикутну решітку і тільки при перекритті великих прольотів влаштовують найпростіші шпренгелів (рис. 1). стінкою, з заміною балок, з улаштуванням на ферми.

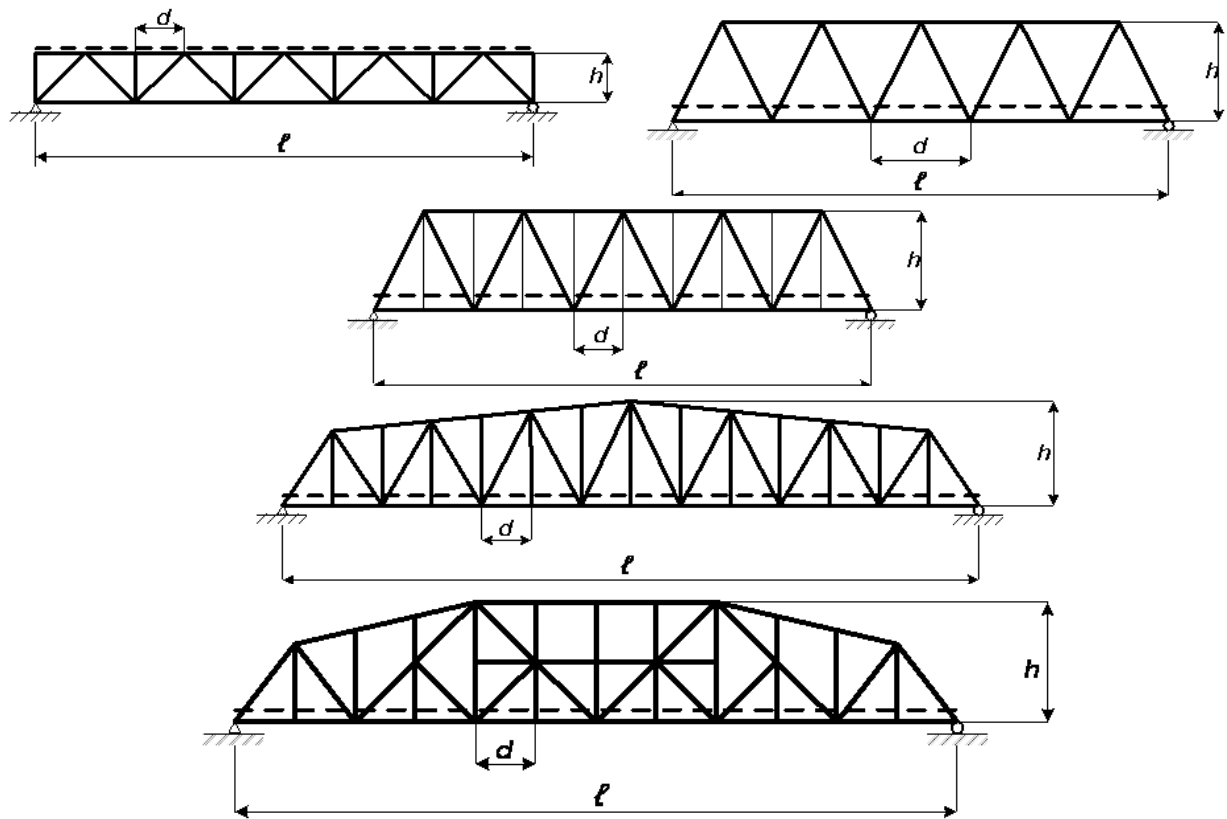


Рисунок 1 – Види розрізних балочних ферм

На підставі аналізу конструктивних рішень прогонових будов металевих мостів можна зробити висновок про те, що найраціональнішими по технологічності виготовлення будуть прогонові будови, виконані у вигляді ґратчастих ферм з їздою поверху.

Структурні (просторові) конструкції являють собою систему взаємно пересічних металевих ферм, тобто систему можна побудувати, взявши за основу піраміду з прямокутною підставою і приєднавши до неї кожен наступний вузол трьома стрижнями (рис. 2) [12-15].

Завдяки різним комбінаціям кутів нахилу ферм і напрямки їх перетину, можна отримати різноманітні системи структур. Оптимальний кут нахилу розкосів дорівнює 45.

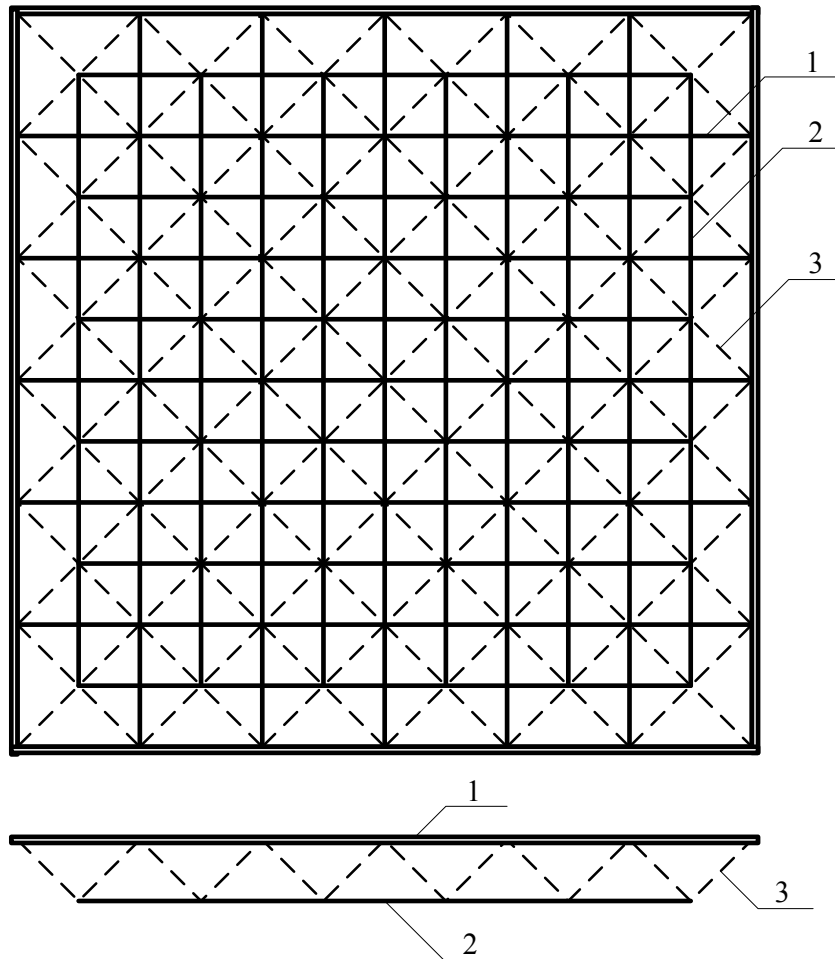


Рисунок 2 – Схема структурного покриття

1 – верхні пояса; 2 – нижні пояса; 3 – розкоси

Найбільшого поширення досягли структури, які складаються з взаємно-перехресних ферм, посилені діагоналями. Верхні і нижні вузли в таких структурах є однотипними, і набагато простіше, ніж в структурах інших типів.

Завдяки великій просторової жорсткості, структурні конструкції дозволяють перекривати великі прольоти при відносно невеликій будівельній висоті ($1 / 16-1 / 20$ прольоту). Однотипність конструктивних елементів і вузлових з'єднань дозволяють зводити структури з однакових стандартних елементів при різних прольотах і конфігураціях.

До переваг структурних конструкцій можна віднести наступне:

1. Максимальна уніфікація вузлів і стрижневих елементів.
2. Просторовість роботи системи, здатність сприймати нерівномірні, зосереджені навантаження.
3. Підвищена жорсткість. У порівнянні з плоскими системами, при рівній висоті, структури мають деформації в 1,5 ... 2 рази менше.
4. Висока надійність від раптових руйнувань, так як вичерпання несучої здатності умовно необхідних стержнів не призводить до граничного стану всієї структури.
5. Можливість поточного, заводського виготовлення металевих конструкцій.
6. Можливість використання вдосконалених методів монтажу (складання конструкцій на землі і підйом великими блоками).
7. Принцип «конструктора», збірно-розбірний (при необхідності), тобто зручність збірки при болтових з'єднаннях і великий компенсаційної здатності стержнів.

8. Зниження витрат на транспорт, і як наслідок, можливість доставки у віддалені і важкодоступні райони.

9. Архітектурна виразність і гнучкість застосування для конструкцій різного призначення.

Недоліки структурних конструкцій полягають у тому, що:

1. Вузли просторових конструкцій, як правило, більш трудомісткі у виготовленні, оскільки частина вузлів вимагає дуже високої точності виготовлення стрижнів і їх складання.

2. В окремих випадках відзначається велика металоємність порівняно з плоскими конструкціями, що є наслідком жорсткої уніфікації перетинів стрижнів і відносно великим витратою металу, що йде на забезпечення стійкості стрижнів при менших зусиллях в них.

3. У багатьох структурних системах необхідно застосуванні монтажного зварювання, що, в свою чергу, призводить до виникнення додаткових напружень, що знижують несучу здатність окремих стрижнів і структури в цілому.

4. Відправні марки структурних конструкцій заводського виготовлення обмежені габаритними розмірами, як по довжині, так і по ширині (до 12 ... 18 м). На будівельному майданчику збільшені питомі витрати праці на складання структур, особливо при необхідності застосування монтажного зварювання.

Розглянемо можливість застосування просторових структур для будівництва автодорожніх прогонових будов. Вихідними даними для розрахунку будуть геометричні характеристики (розмір і довжина) розглянутих раніше прогонових будов

металевими фермами. Загальний вигляд передбачуваного прогонової будови наведено на рис. 3.

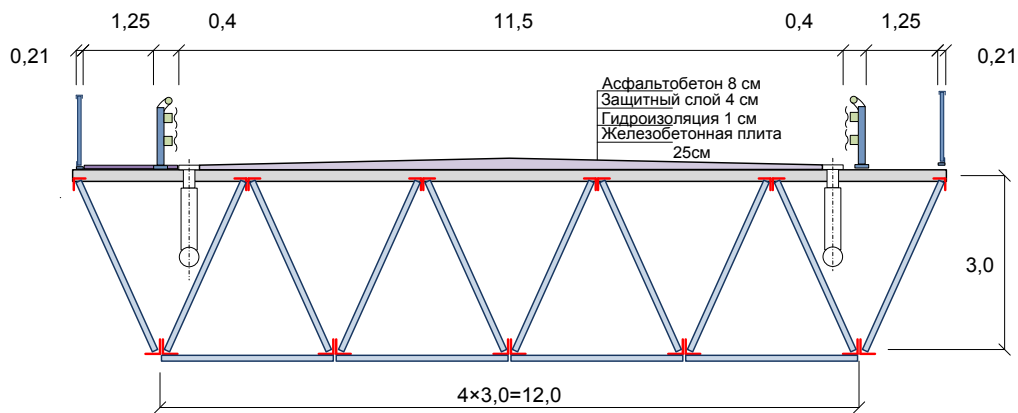


Рисунок 3 – Поперечний переріз прогонової будови з просторовою решіткою

Спочатку виконуємо розрахунок прогону з просторовою решіткою для розрізного однопрогонового моста довжиною $L = 42$. В якості тимчасового навантаження прийнята навантаження А 15 з натовпом на тротуарах інтенсивністю $1,93 \text{кПа}$ [10]. Визначення зусиль в елементах конструкції виконуємо з використанням ПК «ЛІРА» [11]. Результати розрахунків наведені на рис. 4 - 8.

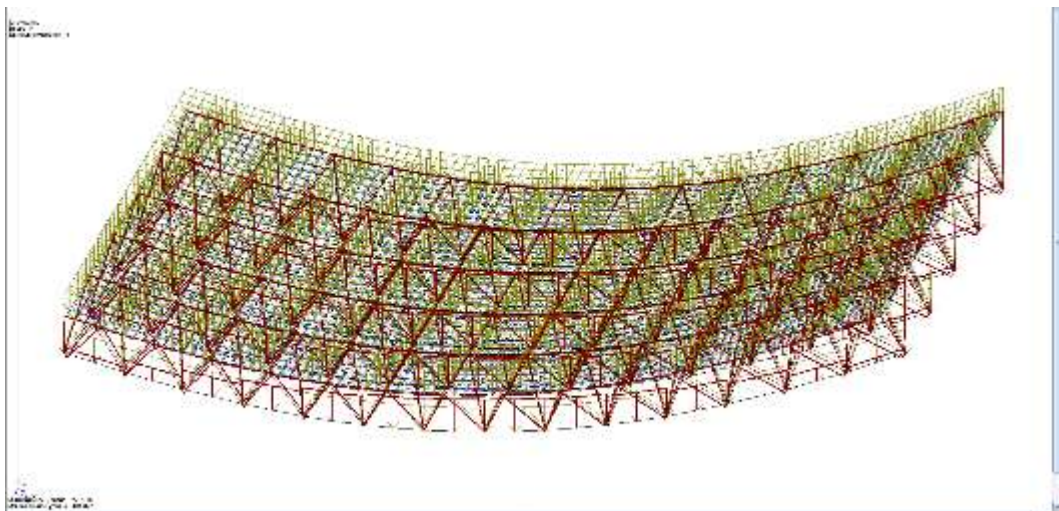


Рисунок 4 – Зусилля в елементах від постійного навантаження

$$N_{\text{макс}} = 131,32 \text{ т}$$

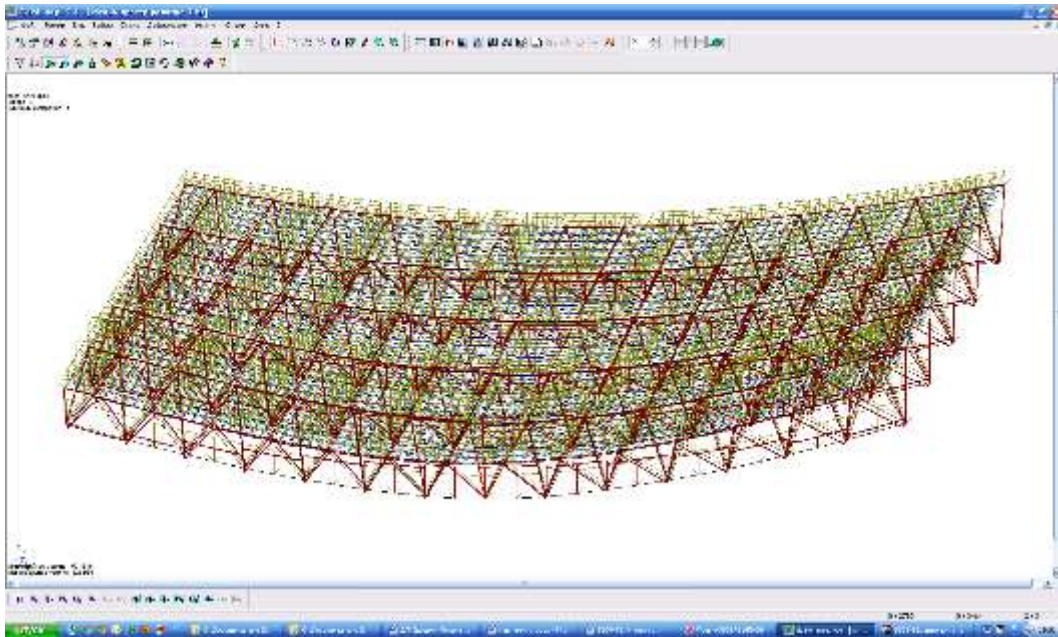


Рисунок 5 – Зусилля в елементах від постійного навантаження та навантаження А 15 (з краю проїзної частини) $N_{\text{макс}} = 326,08 \text{ т}$

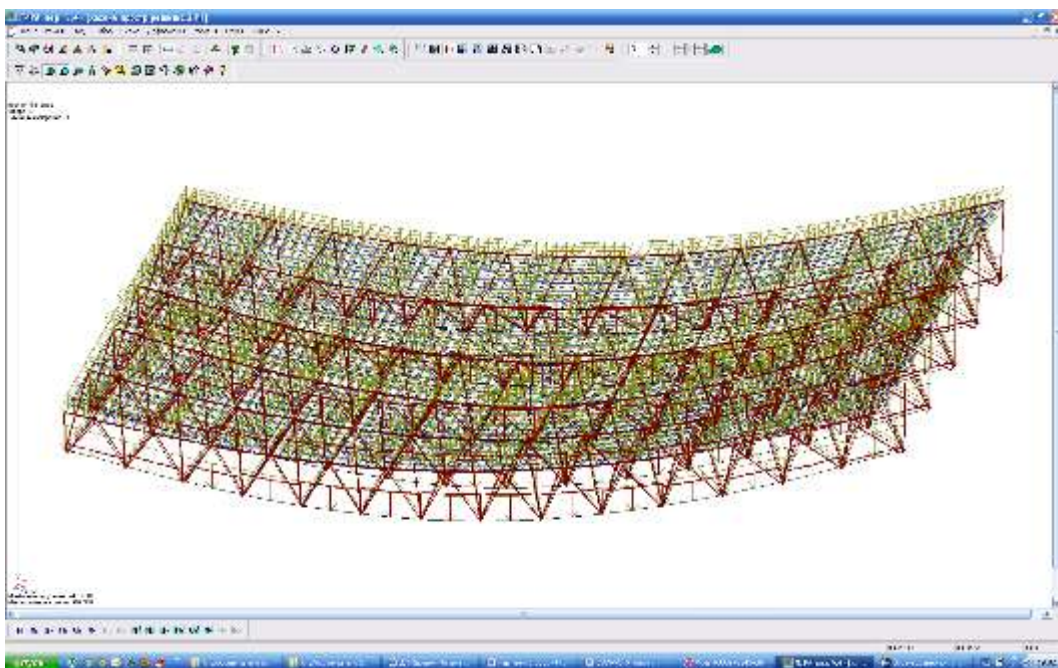


Рисунок 6 – Зусилля в елементах від постійного навантаження та навантаження А 15 (по осі проїзної частини) $N_{\text{макс}} = 299,34 \text{ т}$

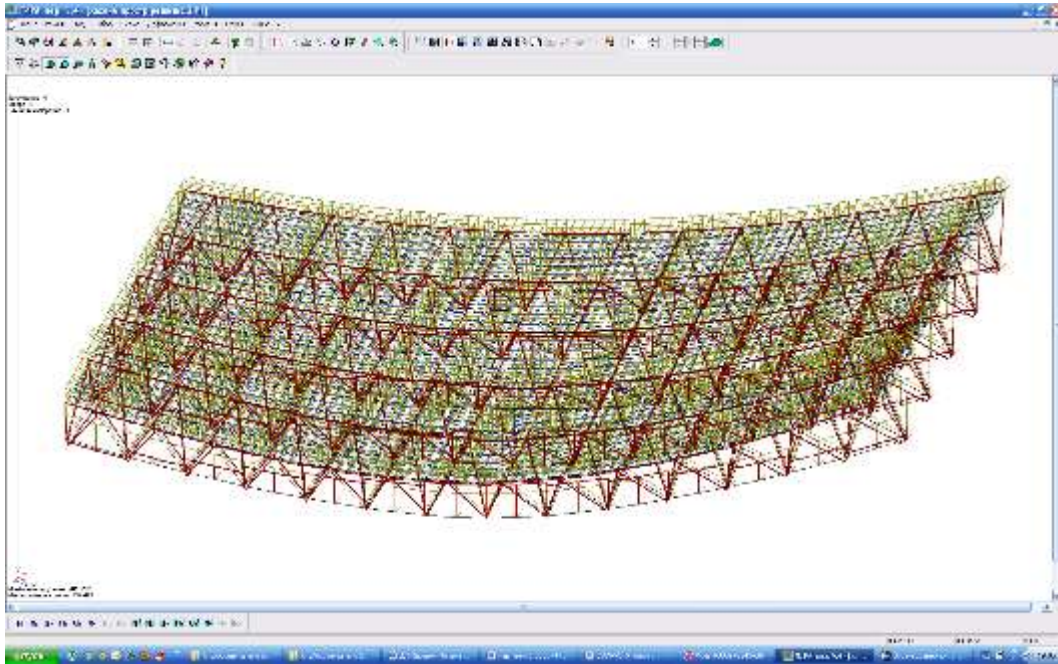


Рисунок 7 – Зусилля в елементах від постійного навантаження та навантаження А 15 (з краю проїзної частини) + натовп на одному тротуарі $N_{\text{макс}} = 334,49 \text{ т}$

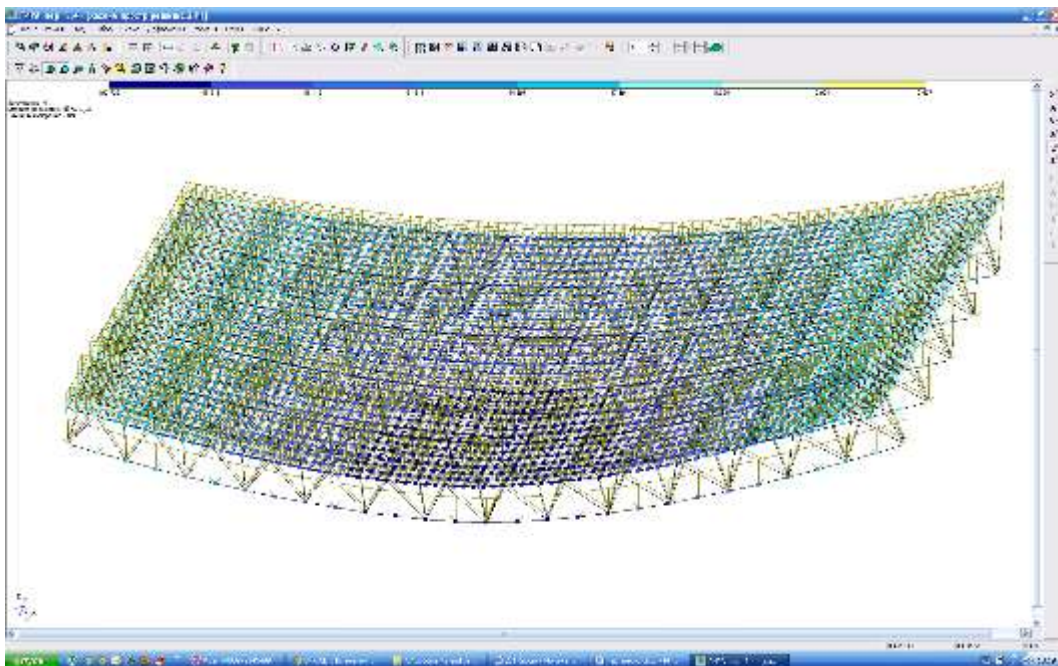


Рисунок 8 – Деформації (прогини) прогонової будови при його завантаженні тимчасовим навантаженням А 15 з краю проїзної частини + натовп на одному тротуарі (прогин $\delta = 102,73 \text{ мм}$)

Відносна деформація для однопрогонового мосту у вигляді просторової решітки з прольотом $l = 42,0$ м, складає $102,73/42000 = 0,0024 < 0,0025$.

Умова виконується..

Нижній пояс прогонової будови виконаний з спарених куточків. У розрахунку, спочатку, були прийняті два кутика 250×16 , з площею поперечного перерізу $A = 156,8$ см². Так як нижній пояс прогонової будови розтягнутий, то при визначенні необхідної площі поперечного перерізу, коефіцієнтом поздовжнього вигину можна знехтувати. Необхідну площу перетину двох куточків визначаємо за формулою

$$A = \frac{N_{\max}}{R_y} = \frac{3344,9 \text{ кН}}{210 \text{ МПа}} = 159,28 \text{ см}^2 \quad (1)$$

Похибка становить не більше 5%.

Так як сортаментний куточок має обмеження, то застосування прогонових будов великих прольотів у вигляді просторових конструкцій обмежена.

Регулювання зусиль в елементах прогонової будови виконано найбільш ефективним способом за рахунок зміни її висоти. Розглянемо зміну зусиль в елементах нижнього пояса прогонової будови у вигляді просторової решітки при висоті конструкції від 1,5 м до 3,0 м. Результати розрахунків наведені на рисунку 9.

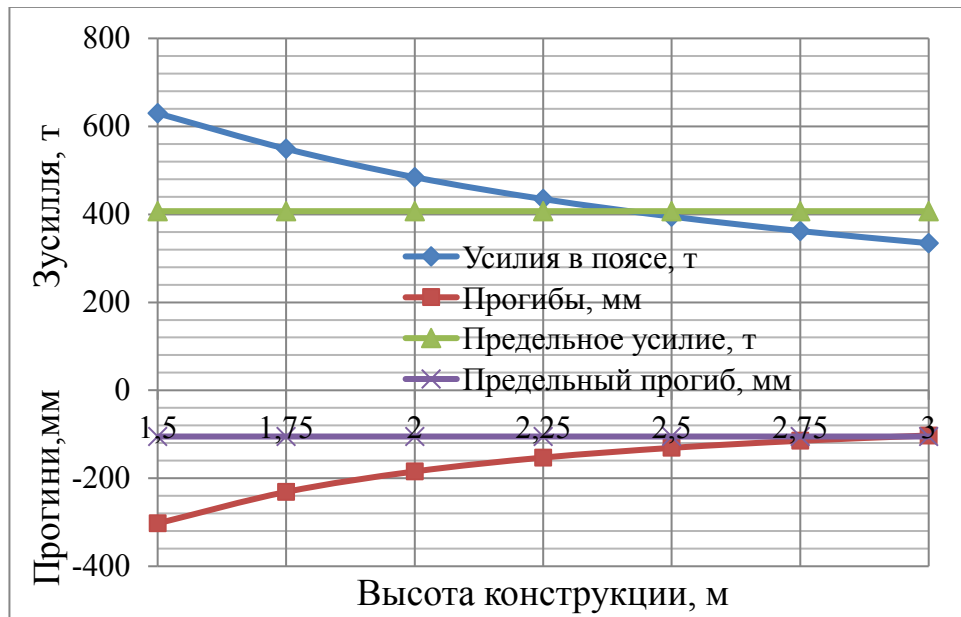


Рисунок 9 - Зміна зусиль і деформацій прогонової будови в залежності від висоти перерізу

Граничне зусилля для елемента нижнього пояса прогонової будови прийнято з розрахунку максимально можливого прокатного куточка 250×20 . Граничний прогин прийнятий з умови $1 / 400L$ ($\delta = 0,0025 \times 42,0\text{м} = 105\text{мм}$).

Висновки

1. На підставі аналізу роботи прогонових будов з різною кількістю прольотів найбільш раціональним є нерозрізна трьох пролітна конструкція.

3. Застосування прогонових будов у вигляді просторових структур можливо для прольотів, що не перевищують 42,0 м, і висотою не менше 2,75 м.

Література:

1. Мосты и сооружения на дорогах: учебник / П.М. Саламахин, П.М., Воля О.В., Лукин Н.П. и др.; под. ред. П.М. Саламахина; ч.1 и 2. – М.: Транспорт, 1991. – 322 с. и 448 с.
2. Инженерные сооружения в транспортном строительстве; под ред. П.М. Саламахина / П.М. Саламахин, Л.В. Маковский, В.И. Попов и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с.
3. Мости: Конструкції та надійність / Й.Й. Лучко, П.М. Коваль, А.І. Лантух-Лященко та ін.; за ред. В.В. Панасюка і Й.Й. Лучка. – Львів: Каменяр, 2005. – 989 с.
4. Поливанов Н.И. Проектирование и расчет железобетонных и металлических автодорожных мостов: [Учеб. пособие] — / Н.И. Поливанов. М.: Изд-во «Транспорт», 1970. — 516 с.
5. Бычковский Н.Н. Металлические мосты / Н.Н. Бычковский, А.Ф. Данковцев. – Саратовский государственный технический университет, 2005. – Часть 1. – 364 с.
6. Ефимов П.П. Проектирование мостов / П.П. Ефимов. – Омск: ООО «Дантея», 2006. – 111 с.
7. Ефимов П.П. Проектирование мостов. Мосты больших пролетов / П.П. Ефимов. – Омск: Издательский дом «ЛЕО», 2009. – 152 с.
8. Проектирование металлических мостов: учеб. для вузов; под ред. А.А. Петропавловского / А.А. Петропавловский, Н.Н. Богданов, Н.Г. Бондарь и др. – М.: Транспорт, 1982. – 320 с.

9. Голеско В.О. Визначення зусиль в елементах нерозрізних прольотних будов мостів: навч. посібник / В.О. Голеско, С.М. Краснов. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 156 с.
10. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування: ДБН В.2.3 – 22:2009. – [Чинний від 2009-11-11]. К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с. – (Державні будівельні норми України).
11. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2006. – 344 с.
12. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій: монографія / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник та ін. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.
13. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні структурні конструкції: монографія / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 146с
14. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Х.: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
15. Шмуклер В.С. Об одном подходе формирования пролетного строения пешеходного моста / В.С. Шмуклер, С.Н. Краснов, Е.С. Краснова // Зб. наук. праць «Будівельні конструкції». – 2012. – Вип. 76. – С. 580–588.