

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Державний вищий навчальний заклад  
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

**КЛЮЧНИК СЕРГІЙ ВЛАДИСЛАВОВИЧ**



УДК [624.21.095:624.072.14]:625.1

**НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН БАЛОК ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ  
ПОВЕРХОВОГО СПОЛУЧЕННЯ МЕТАЛЕВИХ МОСТІВ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпро – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент **Марочка Віталій Владиславович** Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доцент кафедри «Мости та тунелі», м. Дніпро

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук **Редченко Василь Павлович**, директор приватного спеціалізованого підприємства "МОСТ-СЕРВІС, м. Дніпро;

кандидат технічних наук **Линник Георгій Олегович**, заступник начальника Департаменту колії та споруд ПАТ Укрзалізниця, м. Київ.

Захист відбудеться 27 грудня 2018 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.085.02 при Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а, ауд. 202.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а та на сайті: <http://pgasa.dp.ua/dissertation/>.

Автореферат розісланий «23» листопада 2018 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
д.т.н., професор



С.О. Слободянюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Актуальність роботи зумовлена нагальною потребою збільшення ресурсу залізничних металевих мостів, що експлуатуються на залізницях України. На залізничних мостах України встановлено 2613 тис. металевих прогонових будов загальною вагою більше 250 тис. т. На теперішній час на залізницях України експлуатується 1218 шт. дефектних і слабких штучних споруд, в тому числі 874 залізничних мостів, на яких розташовано 990 дефектних прогонових будов, із них 102 металеві, з низьким класом по навантаженню.

Підвищення надійності мостів - одна з основних задач експлуатації колійної мережі, так як мости є найбільш відповідальними і складними елементами доріг. Фактично саме мости визначають пропускну спроможність колій. Дослідження, спрямовані на продовження експлуатаційного ресурсу та збільшення вантажопідйомності металевих прогонових будов з низьким класом навантаження, запровадження нового конструктивного рішення сполучення вузлів балок проїзної частини поверхового типу, яке має виключно важливе значення для забезпечення необхідної пропускну спроможності залізниць та безпеки руху поїздів.

Виходячи з вищенаведеного, питання продовження експлуатаційного ресурсу та збільшення вантажопідйомності металевих прогонових будов з низьким класом навантаження за рахунок удосконалення конструкції сполучення вузлів балок проїзної частини з урахуванням напружено-деформованого стану, на вирішення яких спрямовані дослідження, є актуальними.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Основні дослідження експериментального, теоретичного та прикладного характеру виконані згідно з тематикою науково-дослідницьких робіт, що виконувались Галузевою науково-дослідною лабораторією штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна: №279 «Обследование и испытание железнодорожного моста через р. Мокрая Московка на 188 км линии Долгинцево – Волноваха Приднепровской железной дороги»; №464 «Исследование работы этажной проезжей части моста через реку Мокрая Московка на 188 км линии Кривой Рог – Волноваха Приднепровской железной дороги»; № 603 від 22.04.2004 р «Визначення вантажопідйомності прогонових будов  $l=55,0$  м на мосту через річку Південний Буг на 49 км лінії Вапнярка – Христинівка і розробка рекомендацій по підготовці мосту до швидкісного руху поїздів»; № 604 «Обстеження і випробування металеві прогону будови з поверховою проїзною частиною моста 995 км лінії Шевченко – Помічна та розробка рекомендацій по підсиленню балок проїзної частини, в яких виникли і розвиваються тріщини»; № 27/04 – СНЦ/8700504 від 24.01.2005 р. «Обследование и оценка технического состояния металлического железнодорожного моста ч/р Прут на 1662 км линии Курчуган – Унгень»; а також науково-дослідницьких робіт, що виконувались згідно з галузевим планом Державної адміністрації залізничного транспорту України за темами № 94/2011-Цтех-177/2011-ЦЮ від 30.09.2011 р. «Проведення досліджень стану залізничних металевих мостів з двоповерховою проїзною частиною та шляхи їх реконструкції під сучасні вимоги».

Дисертаційна робота відповідає положенням державної програми «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук національних академій наук України на

2014–2018 роки» (складено на основі Основних наукових напрямів Національної академії наук України, затверджених постановою Президії НАН України від 20.12.2013 № 179, з урахуванням пропозицій усіх національних галузевих академій наук України).

**Мета і задачі дослідження.** Мета роботи полягає у визначенні причин передчасного зародження тріщин втоми в елементах проїзної частини поверхового сполучення прогонових будов залізничних мостів шляхом дослідження напружено-деформованого стану (НДС) балок проїзної частини металевих прогонових будов, підвищення вантажопідйомності елементів з урахуванням виявлених пошкоджень та подовження експлуатаційного ресурсу металевих прогонових будов залізничних мостів можливими конструктивними рішеннями.

Сформульована мета дисертаційної роботи обумовила необхідність розв'язання таких **задач**:

— провести дослідження причин зародження дефектів у балках з поверховим розташуванням прогонових будов залізничних мостів;

— виявити причини низької вантажопідйомності металевих прогонових будов залізничних мостів з їздою верхом та поверховою проїзною частиною;

— отримати закономірності напружено-деформованого стану балок проїзної частини з поверховим розташуванням металевих прогонових будов для виявлення шляхів збільшення їх експлуатаційного ресурсу;

— експериментально та теоретично дослідити деформативність та напружуваний стан балок проїзної частини з поверховим розташуванням при сумісній роботі балок з елементами ферм металевих прогонових будов;

— удосконалити конструкцію вузла спирання балок проїзної частини з поверховим розташуванням для підвищення експлуатаційного ресурсу металоконструкцій залізничних мостів, що перебувають у експлуатації;

— перевірити ефективність запропонованого вузла сполучення балок з поверховим розташуванням металевих прогонових будов залізничних мостів щодо подовження їх експлуатаційного ресурсу.

**Об'єкт дослідження** – експлуатаційний ресурс балок проїзної частини залізничних металевих прогонових будов з поверховим розташуванням.

**Предмет дослідження** – напружено деформований стан балок проїзної частини з поверховим розташуванням металевих прогонових будов залізничних мостів.

**Методи дослідження.** Експериментальні дослідження виконані згідно з вимогами діючих норм із застосуванням традиційних методів вимірювання деформацій, методу електротензометрії. Теоретичні дослідження базуються на методі розрахунку металевих конструкцій за граничними станами та методі скінченних елементів.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

1. Уточнено механізм утворення дефектів під час експлуатації балок проїзної частини з поверховим розташуванням металевих прогонових будов;

2. Отримані детальні експериментальні закономірності НДС балок проїзної частини з поверховим розташуванням металевих будов моста;

3. Дістало подальший розвиток експериментальне дослідження, де встановлено недостатню довговічність та вантажопідйомність металевих залізничних мостів з поверховим розташуванням балок проїзної частини,

досліджено їх напружено-деформований стан, підтверджено надмірні напруження у характерних вузлах;

4. Вперше розроблено ефективну конструкцію підсилення вузла металевих прогонових будов з поперковим сполученням балок проїзної частини, виявлені закономірності НДС запропонованої конструкції.

**Практичне значення одержаних результатів:**

– розробка конструкції підсилення вузла спирання поздовжньої балки поперкового сполучення на поперечну;

– розробка моделі та визначенні напружено-деформованого стану вузла спирання поздовжніх балок на поперечні поперкового сполучення;

– розробка рекомендацій зниження концентрації напружень за допомогою конструктивних рішень вузла спирання поздовжніх балок на поперечні поперкового сполучення.

Результати дисертаційної роботи у рамках договору № 94/2011-Цтех-177/2011-ЦЮ від 30.09.2011р. впроваджено в рекомендації для залізничних мостів, що експлуатуються, для удосконалення (посилення) вузла сполучення (спирання) поздовжніх балок з поперечними.

Розроблено нормативний документ Укрзалізниці: «СТП «Інженерні споруди. Мости залізничні та труби. Правила обстеження і випробування» (державний реєстраційний №0118U004508).

**Особистий внесок здобувача.** Наведені в дисертаційній роботі результати досліджень, експериментальні дані, нова модель напружено-деформованого стану вузла спирання поздовжніх балок на поперечні поперкового сполучення, отримані здобувачем самостійно. У спільних публікаціях автором оброблені, проаналізовані та узагальнені їх результати, розроблено конструкцію та розрахунок вузла сполучення поздовжніх балок з поперечними прогонових будов залізничних мостів поперкового спирання, виконане порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними, складені висновки з проведених досліджень. Особистий внесок здобувача в роботах, які опубліковані у співавторстві: [1, 3] – дослідження та аналіз аварійності мостів; [4] – порівняльний аналіз існуючих варіантів підсилення та ремонту балок проїзної частини поперкового типу металевих прогонових будов залізничних мостів; [8] – проведення досліджень стану залізничних металевих мостів з двопоперковою проїзною частиною та шляхи їх реконструкції під сучасні вимоги; [5] – рекомендації та конструктивні рішення щодо можливості ремонту та подовження терміну служби прогонових будов з двопоперковою проїзною частиною, - дослідження та впровадження нової конструкції вузла спирання поздовжніх балок на поперечні поперкового сполучення; [2, 7] – обстеження та випробування прогонових будов залізничних мостів виконувались за безпосередньою участю здобувача; [6] – проведення досліджень напружено-деформованого стану прогонових будов з їздою верхом та вузла спирання поздовжніх балок на поперечні поперкового сполучення, розробка розрахункової моделі напружено-деформованого стану металевої прогонової будови. Всі експерименти, зазначені в роботі та публікаціях, виконані за безпосередньої участі здобувача.

**Апробація результатів дисертації.** Результати наукових досліджень, викладені в дисертації, доповідалися на LXVI Міжнародній науково-практичній

конференції «Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта» (Дніпропетровськ, 2006), на Міжнародній науково-практичній конференції «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій» (Івано-Франківськ, 2009 р); на 72-й, 73-й Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, 2012, 2014), на V-й Міжнародній науково-практичній конференції Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика (Дніпропетровськ, 2016).

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася на міжкафедральному науковому семінарі з будівельних конструкцій ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна (2018 р.), а також на розширеному науковому семінарі кафедри металевих, дерев'яних і пластмасових конструкцій та кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій ДВНЗ «ПДАБА» (2018 р.).

**Публікації.** Результати дисертації опубліковано в 8 наукових працях: з них 5 у фахових виданнях, у тому числі 1 публікація у фаховому наукометричному виданні, 2 – у матеріалах і тезах доповідей наукових конференцій, 1 – патент України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Повний обсяг роботи становить 186 сторінок, з них основний текст на 115 сторінках, список використаних джерел із 151 найменувань на 17 сторінках. Дисертація містить 82 рисунки, 31 таблицю та 4 додатки на 19 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення та апробацію отриманих результатів, практичну цінність.

У **першому розділі** представлений огляд та аналіз сучасного технічного стану металевих мостів на залізницях України та фактори, що визначають їх експлуатаційний ресурс. У розділі проаналізовано аналіз причин аварій мостів держав СНГ та світовий досвід роботи та відказів металевих прогонових будов. Статистичні дані в базі даних Imhof, який створив одну з найбільших баз даних руйнування мостів, свідчать, що найбільш важливими факторами, які сприяють руйнуванню виявляються: помилки проектування (22%), (наприклад конструкція сполучення поздовжніх і поперечних балок проїзної частини з поверховим розташуванням); недостатні знання (22%) і стихійні лиха (21%); трохи менша доля припадає на нещасні випадки (14%), помилки будівництва (13%) та перенавантаження (5%) (рис. 1).

Аналіз причин руйнування мостів держав СНГ за останні роки (проаналізовано 68 аварій) виділяє основні показники:

1. Повне руйнування або провали в мостовому полотні старих мостів, причина – зниження вантажопідйомності через відсутність належного утримання. Може впасти як від власної ваги (15 випадків), так і після проїзду великовантажного транспорту (8 випадків) – 33,8%;

2. Нерозрахований паводок або прорахунки в гідрології та геології – 14 випадків (20,6%), що характерно для гірських районів і великих річок;

3. В'їзд важких вантажівок в опори або рух самоскидів з піднятим кузовом (страждають в основному пішохідні мости) - 9 випадків (13,2%);



Рисунок 1 – Розподіл причин відмов по даним руйнування мостів

4. Порушення технології виробництва робіт або взагалі порушення проекту виконання робіт (ПВР) - 8 випадків (11,8%);

5. Перевищення проектної вантажопідйомності старих мостів і помилки проектування нових - по 4 випадки (5,9%). Але якщо за помилки проектування вважати "змиті" мости (неправильне гідрологічне обґрунтування), то помилки переміщуються на друге місце з результатом 18 випадків (26,5%).

Фактори втрати стійкості окремими елементами конструкції та втома матеріалів вивчені не досить достатньо, втомні властивості слід досліджувати, для формування висновків, отриманих з досвіду аварій мостів, щоб допомогти в усуненні причин, що їх спричинили.

Також проведено аналіз сучасного стану металевих прогонових будов по вантажопідйомності. Контроль вантажопідйомності, безпеки і довговічності моста здійснюється за допомогою диференційованих показників, закріплених нормативними документами. Питаннями вантажопідйомності залізничних мостів в Україні займалась Лабораторія штучних споруд ДІТу (Бондар М.Г., Загора О.Л., Тарасенко В.П., Борщов В.І., Попович М.М., Солдатов К.І. та ін.). Залежно від отриманих показників формуються рішення щодо режиму експлуатації, ремонту, посилення або реконструкції споруди. Вантажопідйомність і режим пропуску рухомого складу призначаються в залежності від оцінки технічного стану конструкцій мосту з урахуванням виявлених пошкоджень.

На залізницях України за умовою, якщо майже 13% металевих прогонових будов вважаються дефектними, а біля 47% мають недостатній клас навантаження, особливої актуальності набуває питання визначення реального експлуатаційного ресурсу прогонових будов та визначення шляхів його збільшення.

При розробці прогонових будов проектним інститутом «Проектсталь-конструкція» (ПСК) вирішення всіх питань (генеральних схем, типу решіток ферм, форми перерізу елементів ферм, конструкції вузлів і стиків та ін.) було підпорядковане головній ідеї – спростити виготовлення конструкцій на заводі з використанням машинного клепання та максимальної уніфікації елементів. Коли умови проектування мостового переходу дозволяли, мости будували з їздою по верху і по верховою проїзною частиною. Маючи в своєму розпорядженні ферми нижче рівня проїзду, використовувалася можливість зменшити відстань між фермами, скоротити розміри поперечних балок, зв'язків, при цьому висота і довжина опор значно зменшувалася. Поверхове сполучення балок проїзної частини

найбільш просте по конструкції. Воно застосовувалося в випадках, коли будівельна висота проїзної частини дозволяла встановити поздовжні балки на поперечні. Така конструкція проїзної частини має з'єднання поздовжніх балок поздовжніми зв'язками трикутної системи в площині верхніх поясів. Поперечні зв'язки поставлені тільки над опорами, тобто над поперечними балками.

Ярусне розташування балок дозволило спростити їх поєднання. У місцях обпирання поздовжні балки прикріплені до поперечних болтами, причому отвори для болтів в поясах поздовжніх балок зроблені овальними з тим, щоб створити можливість зрушення поздовжніх балок і виключити вигин поперечних балок в горизонтальній площині при деформації поясів. Тільки у середньої поперечної балки поздовжні балки жорстко прикріплені до розширених вузлових фасонки поздовжніх зв'язків і передають їм гальмівні сили. Завдяки поперечному розташуванню у поздовжніх балках скоротилося число монтажних стиків, які призначені через кожні дві панелі.

Але внаслідок конструктивних недоліків такої конструкції утворюються чисельні дефекти:

- ослаблення та розрив вертикальних заклепок або болтів прикріплення поздовжніх балок до поперечних;
- нещільність обпирання поздовжніх балок на поперечні;
- поздовжні тріщини в нижніх поясних кутиках поздовжніх балок уздовж обушків кутиків на їх кінцевих відрізках;
- тріщини уздовж обушків верхніх поясних кутиків поперечних балок в місцях обпирання поздовжніх балок;
- виколи горизонтальних полицок верхніх поясних кутиків поперечних балок в зоні обпирання поздовжніх балок.

Все це свідчить про те, що конструкція сполучення балок проїзної частини з поперечним розташуванням поздовжніх і поперечних балок, застосована на мосту, є невдалою і вимагає підвищення надійності конструкцій прикріплення. У розділі представлено сучасний стан металевих прогонових будов з поперечною проїзною частиною та відомі способи їх підсилення.

За результатами огляду та аналізу літературних джерел автором були сформульовані мета роботи, а також зроблено висновок, що конструкція проїзної частини з поперечним розташуванням поздовжніх і поперечних балок є невдалою і вимагає підвищення надійності конструкцій прикріплення.

**У другому розділі** дана загальна характеристика прогонових будов, які були запроектовані інститутом «Проектстальконструкція» в 1944 р. Конструкція прогонових будов ПСК (генеральні схеми, тип решіток ферм, форми перерізу елементів ферм, конструкція вузлів, стиків та ін.) була уніфікована для виготовлення конструкцій на заводі з використанням машинного клепання та максимальної уніфікації довжин елементів Н-подібного перерізу із чотирьох кутиків і горизонтального листа (або планок). Для найбільш навантажених елементів додавались два вертикальні листи. Характерними особливостями прогонових будов ПСК з їздою верхом є зменшення відстані між головними фермами до 4,0 м, використання хрещатих поперечних в'язів головних ферм. Прогонові будови з їздою верхом мають розрахункові прогони 44.0 м; 55.0 м і 66.0 м і висоту головних ферм 8.5 м. Розрахункове навантаження прогонових будов



ПСК – Н7. Конструкція обпирання поздовжніх балок на поперечні показана на рисунку 2.

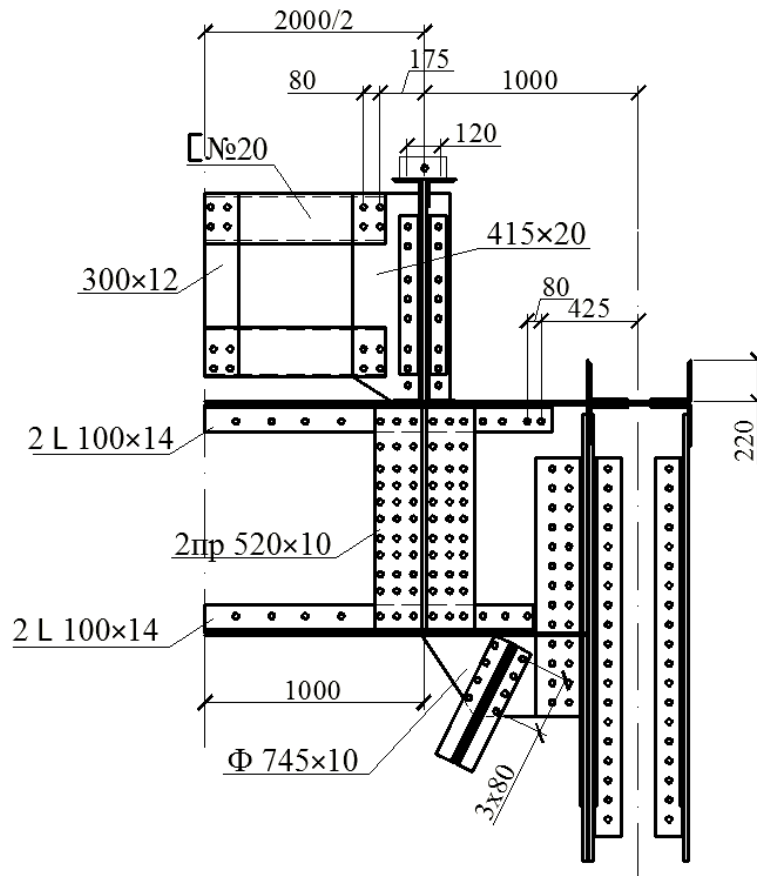


Рисунок 2 – Конструкція балочної клітки в прогонових будовах ПСК з іздою верхом

На основі проведеного вивчення технічної документації по типовим проектам, аналізу результатів попередніх обстежень даних прогонових будов ПСК з поверховим сполученням балок проїзної частини, аналізу характеру та динаміки розвитку тріщин встановлено наступне:

– основною причиною появи тріщин і виколів в нижніх поясах кутиках поздовжніх балок в місцях їх обпирання на поперечні та тріщин і виколів горизонтальних полицок верхніх поясах кутиків поперечних балок і розладнань вузлів обпирання є недоліки прийнятого в проектах ПСК конструктивного рішення поверхового сполучення балок, яке призвело до місцевих перенапружень в металі;

– несприятливий вплив на напружений стан металу в місцях появи тріщин мають деформації балок, які виникають при сумісній роботі балок проїзної частини з верхніми поясами головних ферм при завантаженні всієї прогонової будови рухомим складом; при цьому верхні пояси ферм скорочуються, поперечні балки згинаються в горизонтальному напрямку і закручуються, а в місці сполучення поздовжніх і поперечних балок виникають додатковий кут взаємного повороту і деформації кінцевих відрізків поясах кутиків поздовжніх балок та деформації верхніх поясах кутиків поперечних балок в місцях обпирання на них поздовжніх балок;

– необхідно також відзначити, що у зв'язку з відсутністю діагоналей поперечних в'язів між поздовжніми балками (в тому числі і в перерізах над

поперечними балками) при дії горизонтальних поперечних навантажень від рухомого складу можлива деяка деформація контуру поперечних в'язів і додаткові напруження в поясих кутиках поздовжніх балок на їх кінцевих відрізках та в кутиках поперечних балок;

– при наявності нещільності обпирання поздовжніх балок на поперечні збільшуються динамічні навантаження на балки і з'являються осередки корозії, виплески та виробка металу в місцях обпирання;

– на відміну від з'єднання балок проїзної частини в одному рівні, при поверховому обпиранні поздовжніх балок на поперечні балки елементи прикріплення (заклепки або болти) та полицки поясих кутиків балок виявились неспроможними сприймати вертикальні моменти, які виникають при лінійних та кутових деформаціях балок.

Проведені розрахунки доводять, що у переважній більшості випадків клас прогонової будови визначає клас балок проїзної частини, тому що в них виникають дефекти, які суттєво знижують вантажопідйомність прогонової будови. Це визначається як особливостями конструкції металевих прогонових будов з поверховою проїзною частиною, так і тим фактом, що несприятливий вплив на напружений стан металу в місцях появи тріщин мають деформації балок, які виникають при сумісній роботі балок проїзної частини з верхніми поясами головних ферм. Конструкція металевих прогонових будов з поверховою проїзною частиною є недосконалою.

З аналізу результатів обстежень металевих прогонових будов мостів з поверховим розташуванням балок проїзної частини впливає, що переважно клас прогонової будови визначає клас балок проїзної частини, як найбільш дефектних елементів усієї прогонової будови (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати класифікацій металевих прогонових будов мостів з поверховим розташуванням балок проїзної частини

№	Розташування моста	Довжина прогону, м	Клас балок, К	Клас елементів ферм, $K_{min}$
1	Через річку Мокра Московка на 186 км лінії Кривий Ріг – Волноваха	44	3,9	7,84
2	Через річку Південний Буг на 49 км лінії Вапнярка – Христинівка	55	4,77	6,38
3	Через річку Прут на 1662 км лінії Курчуган – Унгени	70,63	4,92	6,53
4	Через річку Мала Вись на 995 км лінії Шевченко – Помічна	44	4,6	8,2
5	Через річку Інгулець 109 км лінії Долинська - Верхівціве - Ясинувата	55	4,8	6,5

Підвищення вантажопідйомності моста та подовження експлуатаційного ресурсу металевих прогонових будов залізничних мостів, з урахуванням виявлених пошкоджень, можливо при усуненні наявних дефектів втомного характеру, модернізації вузлів спирання поздовжніх балок мостового полотна на поперечні.

Узагальнивши сучасний технічний стан залізничних мостів з поперечним розташуванням балок проїзної частини та існуючі проблеми, пов'язані із забезпеченням їх експлуатаційного ресурсу, зроблено висновки про необхідність вирішення проведення досліджень з метою визначення причин зародження тріщин втомі у балках з поперечним розташуванням прогонових будов залізничних мостів та шляхів збільшення їх експлуатаційного ресурсу.

**У розділі 3** наведено результати експериментальних досліджень роботи балок проїзної частини металевих прогонових будов з їздою верхом. Дослідження, які описані у цьому розділі, були проведені ГНДЛ штучних споруд Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на залізничному мостовому переході через річку Мокра Московка на 186 км лінії Кривий Ріг – Волноваха. Отвір моста перекрито двома металевими прогоновими будовами, з їздою поверху розрахунковим прогоном 44,0 м. За конструкцією прогонові будови однакові та складаються з двох наскрізних клепаніх ферм з їздою поверху, з трикутною решіткою, а також додатковими стійками і підвісками. Відстань між фермами 4,0 м, висота ферм 8,5 м. Ферми виготовлені за проектом Проектстальконструкції під навантаження Н7. Пояси ферм Н- подібного перетину. Поздовжні горизонтальні зв'язки між фермами розташовані в рівні верхніх і нижніх поясів, а поперечні зв'язки - в парних вузлах ферм у вигляді перехресних діагоналей.

Проїзна частина складається з клепаніх поздовжніх і поперечних балок двотаврового перетину, розташованих поперечно. Загальним недоліком обох прогонових будов є корозія горизонтальних листів верхніх і нижніх поясів головних ферм до 1 мм, лущення фарби на елементах головних ферм, забруднення горизонтальних поверхонь фасонки, поясів сипучими вантажами, незадовільний стан відведення вологи з поясів ферм. Одними з найбільш істотних виявлених дефектів є розлади в вузлах сполучення балок проїзної частини, розриви заклепок, ослаблення болтів, тріщини уздовж обушка поясних кутиків поздовжніх балок у вузлах їх сполучення з поперечними балками. Випробування прогонової будови довжиною 44.0 м проводилось у «вікна» тривалістю по 2 години. Завантаження прогонової будови проводилося тричі, за схемами 1÷9 (рис. 3) з установкою першої осі тепловоза через кожні 5,5 м. Навантаження прогонової будови здійснювалось за допомогою локомотива 2ТЭ10.

При підготовці даного експерименту було поставлено та вирішено декілька задач: дослідити напружено-деформований стан поздовжніх і поперечних балок проїзної частини; дослідити напружено-деформований стан інших елементів прогонової будови при різних установках випробувального навантаження; дослідити сумісну роботу балок проїзної частини з поясами ферм прогонових будов; дослідити місцеві напруження та деформації нижніх кутиків поздовжніх балок та верхніх кутиків поперечних балок проїзної частини; фактичний деформовано-напружений стан вузла сполучення поздовжніх балок з поперечними; дослідити роботу

прогонової будови під впливом не тільки статичного, а й динамічного навантаження.

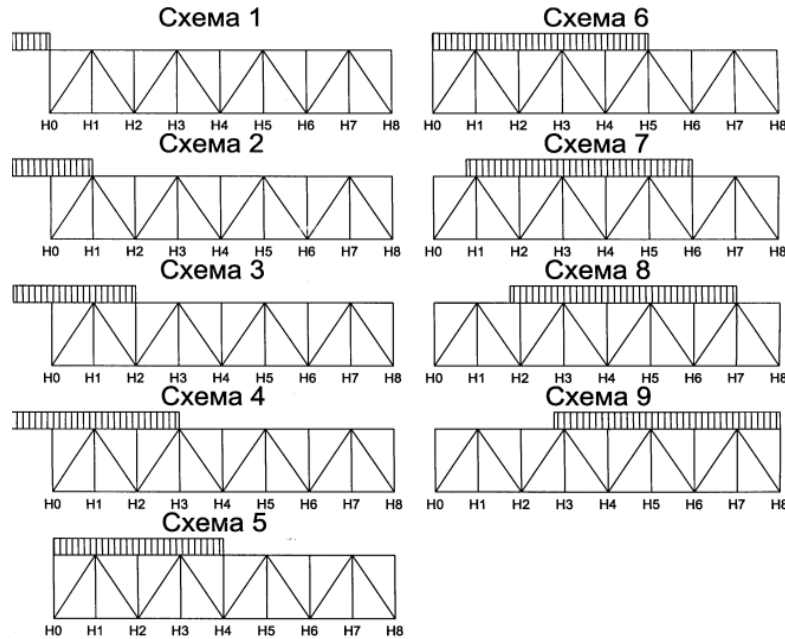


Рисунок 3 – Схеми завантаження прогонової будови випробувальним навантаженням

У результаті проведення експерименту були отримані значення відносних деформацій та нормальних напружень у характерних точках балкової клітки, зазначених у програмі випробувань. Такі значення були зафіксовані на кожному етапі навантажень. Окремо фіксувались прогини елементів проїзної частини та вузлів ферм.

Графіки максимальних напружень для поперечних балок показано на рисунках 4÷6.

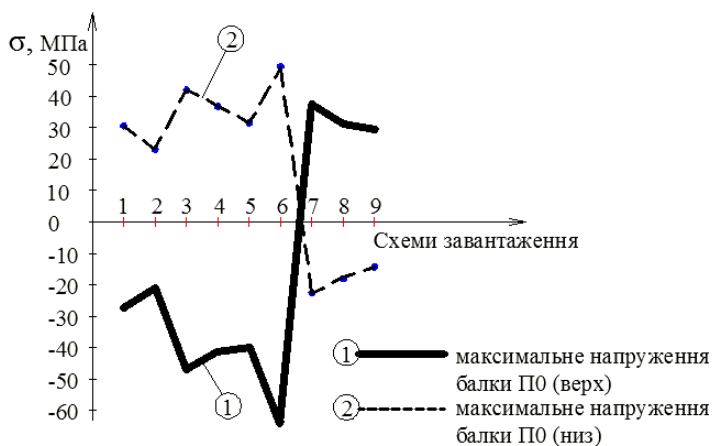


Рисунок 4 – Графік максимальних напружень в поперечній балці П0

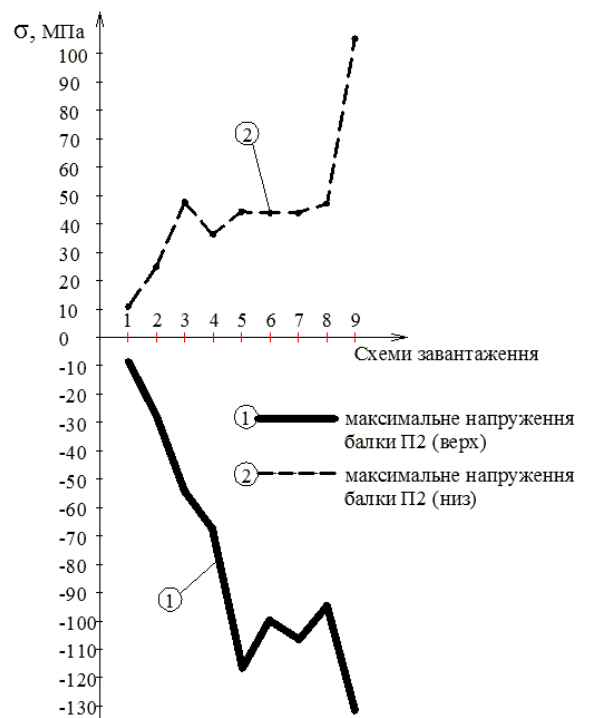


Рисунок 5 – Графік максимальних напружень в поперечній балці П2

Графіки максимальних напружень для поздовжньої балки в панелі 1-2 наведено на рис. 7, а поздовжніх балок Б1, Б2 в сполученні з поперечною балкою П4 на рисунках 8 та 9.



Рисунок 6 – Графік максимальних напружень в поперечній балці П4

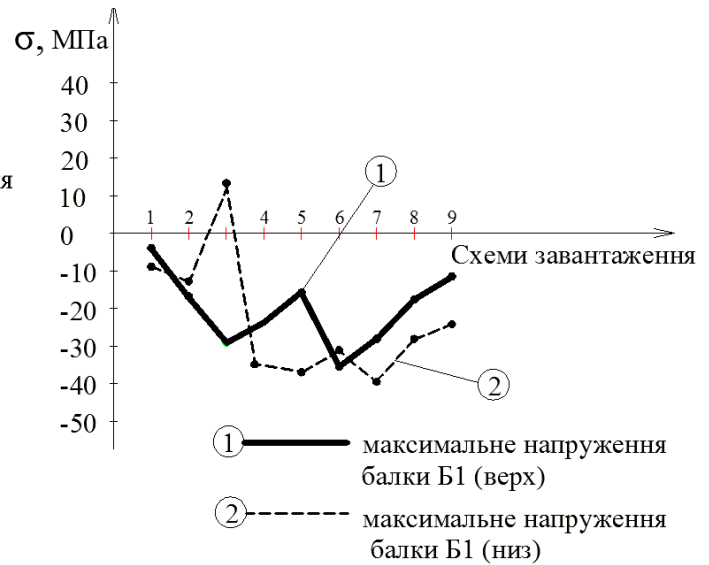


Рисунок 7 – Графік максимальних напружень поздовжньої балки Б1 в панелі 1-2

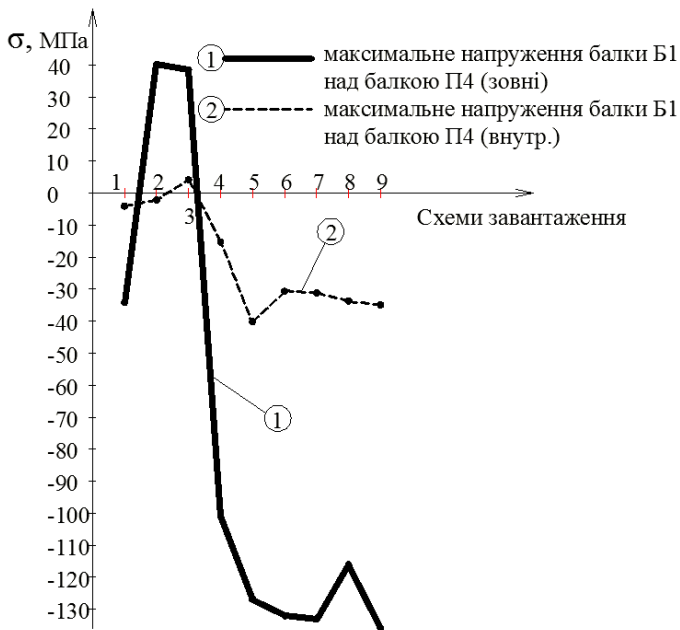


Рисунок 8 – Графік максимальних напружень в сполученні поздовжньої балки Б1 з поперечною балкою П4

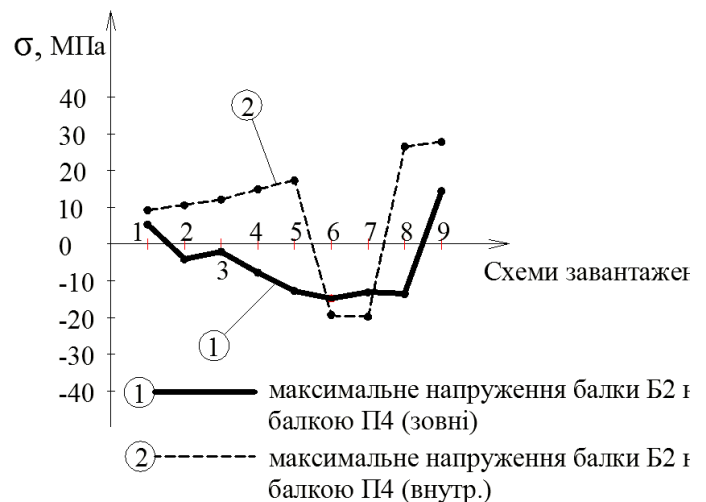


Рисунок 9 – Графік максимальних напружень в сполученні поздовжньої балки Б2 з поперечною балкою П4

По довжині кутиків поздовжніх балок напруження змінюються нерівномірно. Найбільші напруження виникають, як правило, на кінцях кутиків.

Максимальні напруження в сполученні поздовжніх балок з поперечною балкою (завантаження прогонової будови 2/3 від кінця прольоту) досягають -136,4 МПа в поздовжній лівій балці біля поперечної балки П4, де вплив спільної роботи балок проїзної частини з верхніми поясами головних ферм відсутній.

В окремих випадках максимальні і місцеві напруження в кутиках виявилися на відстані до 80-100 мм від торців кутиків. У більшості випадків зміна напружень в кутиках по їх довжині характеризується зміною знаку напружень. Статичні прогини замірялися по нижніх поясах обох ферм в вузлах Н4. Найбільша величина прогину під локомотивом становила 12 мм по кожній фермі.

У розділі 4 з метою поглиблення аналізу експериментальних даних конструкцій, що випробовувались, були проведені розрахунки випробуваної конструкції з вихідними даними, які повністю відповідають дослідній прогоновій будові, також проведено дослідження напружено деформованого стану (НДС) балок проїзної частини поверхового сполучення. Для теоретичних досліджень взято прогонову будову з наскрізними фермами з їздою верхом, проектування «Проектстальконструкція» з розрахунковим прогоном  $L_p=44,0$  м з поверховою проїзною частиною (рис. 10). Висота головних ферм становить 8,5 м, відстань між фермами – 4 м. Елементи головних ферм мають Н-подібний переріз шириною 460 мм з 4-х кутиків та металевим листом або без нього. Розрахунки проводились для просторової конструкції ферми.

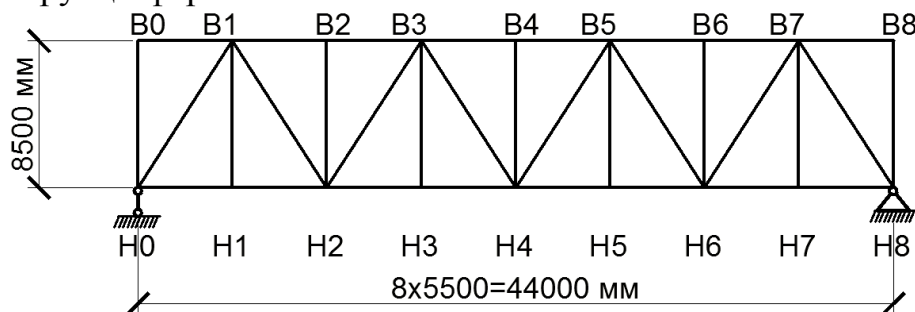


Рисунок 10 – Схема прогонової будови  $L_p=44,0$  м

Розрахунки проводились за допомогою метода скінченних елементів у програмному комплексі Selena 4.1.1 (ліцензійний ключ 1802619725). За вимогами нормативних документів згинальні моменти в вертикальній площині для поздовжніх балок розраховуються на міцність, як розрізні, незалежно від конструктивного оформлення прикріплення їх поясів до поперечних балок. Поперечні балки беруться також розрізними і припускається, що вони працюють тільки на вигин у вертикальній площині.

На рисунку 11 показано порівняння згинальних моментів в вертикальній площині для поздовжніх балок теоретичного (розрізного типу) та дійсного типу (нерозрізного). Проаналізувавши отримані епюри згинальних моментів, можна констатувати, що у реальній конструкції, поздовжні балки працюють як нерозрізна система. В середині панелей 0-1 та 1-2 згинальні моменти розрізних балок більші ніж у нерозрізних на  $5,2 \div 34,5\%$ , але у нерозрізних з'являються від'ємні моменти на опорах над поперечними балками. Це негативно впливає на роботу заклепок чи болтів з'єднання балок проїзної частини (заклепки послабляються та зриваються, у вузлах обпирання балок проїзної частини виникає розладнання, це, в свою чергу, сприяє збільшенню динамічного навантаження на конструктивні елементи як поперечних, так і поздовжніх балок проїзної частини, та виникненню додаткових дефектів). Проте згинальні моменти розрізних балок в середині панелей 2-3 на  $6,4\%$  і особливо в панелі 3-4 на  $19,7\%$  менші ніж у нерозрізних. Це свідчить про те, що в

реальних конструкціях балок з поверховим розташуванням виникають додаткові зусилля, які виникають при сумісній роботі балок проїзної частини з поясами ферм.

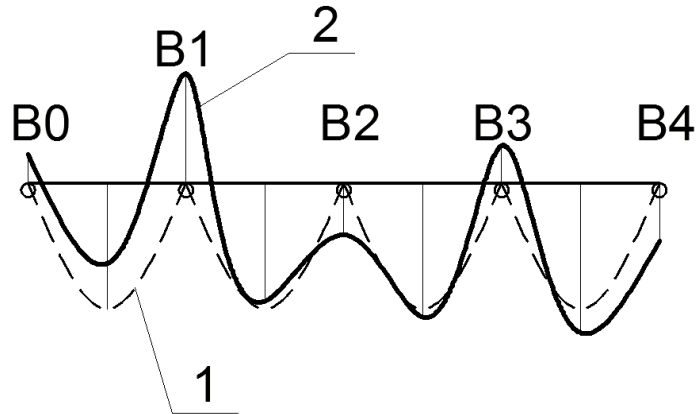


Рисунок 11 – Вертикальні моменти згину поздовжніх балок: 1 – розрізна балка, 2 – нерозрізна балка

Часто додаткові зусилля в балочній клітці виявляються настільки значними, що доводиться вживати заходів до їх зменшення, наприклад, влаштовувати розриви в поздовжніх балках з поздовжньо-рухомим сполученням балок в місцях розривів. Аналіз зусиль в елементах проїзної частини показав, що найбільші згинальні моменти в горизонтальній площині виникають в крайніх поперечних балках П0 та П8, найбільші згинальні моменти в вертикальній площині виникають в поперечних балках П1 та П7 (непарних вузлах), де жорсткість вузла ферми підвищена за рахунок розкосів, що сходяться у цих вузлах.

Крутні моменти в поперечних балках також збільшуються в залежності від відстані поперечної балки від осі прогонової будови.

Далі було визначено напруження у поздовжніх та поперечних балках від тимчасового навантаження з врахуванням постійного навантаження. Напружений стан балок проїзної частини поверхового прикріплення, завдяки спільній роботі балок проїзної частини з верхнім поясом ферм, визначається діючими в ній поперечною і поздовжньою силами та згинальними моментами в вертикальній та горизонтальній площинах. Результати розрахунку надані у вигляді графіків (рис. 12÷15).

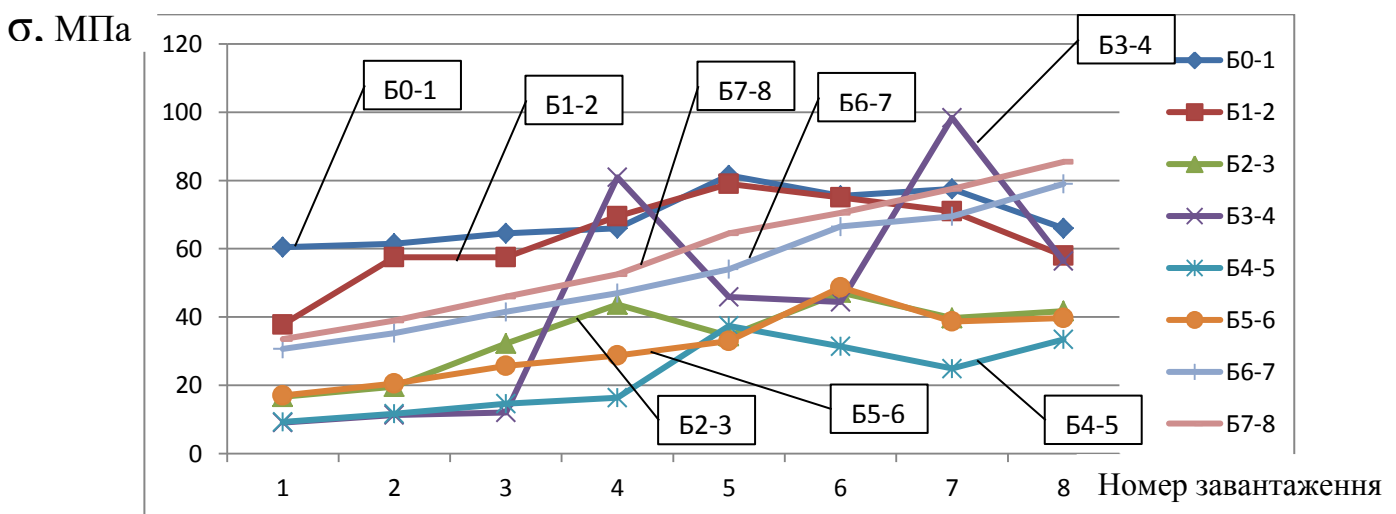


Рисунок 12 – Додатні величини напружень в поздовжніх балках проїзної частини, МПа



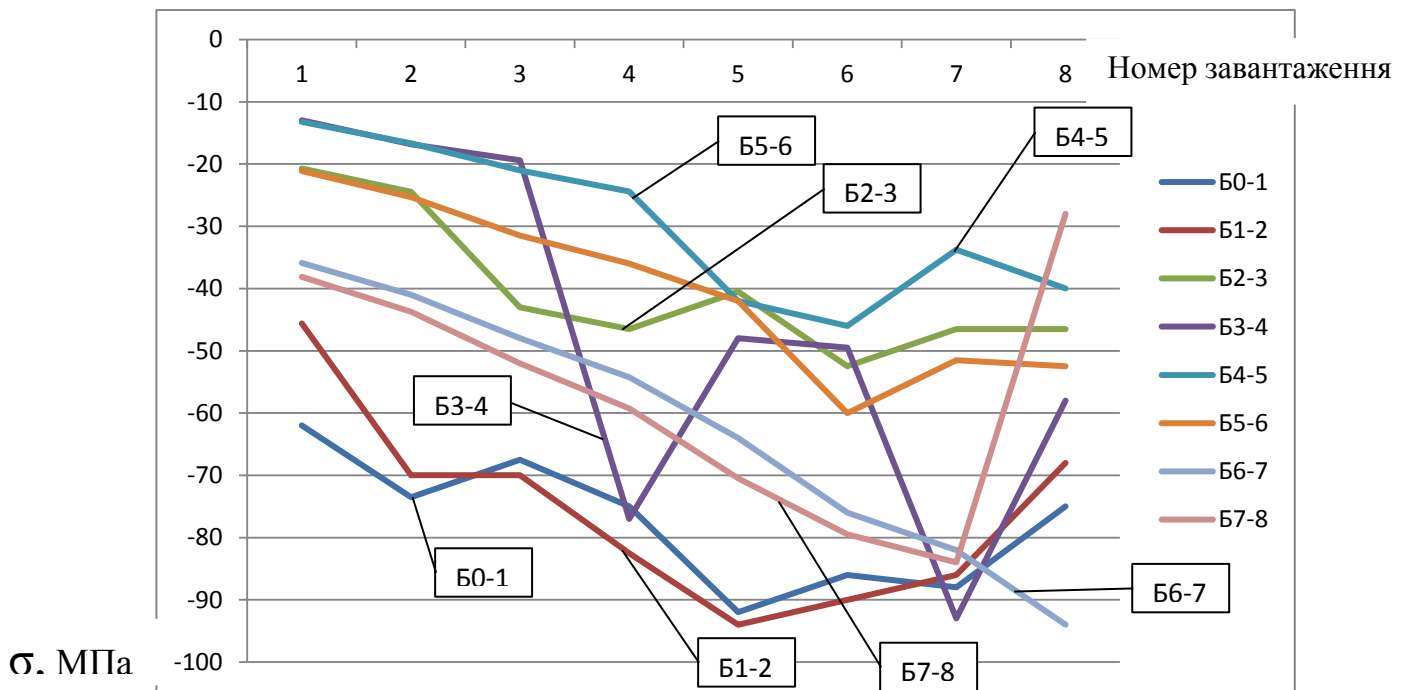


Рисунок 13 – Від'ємні величини напружень в поздовжніх балках проїзної частини, МПа

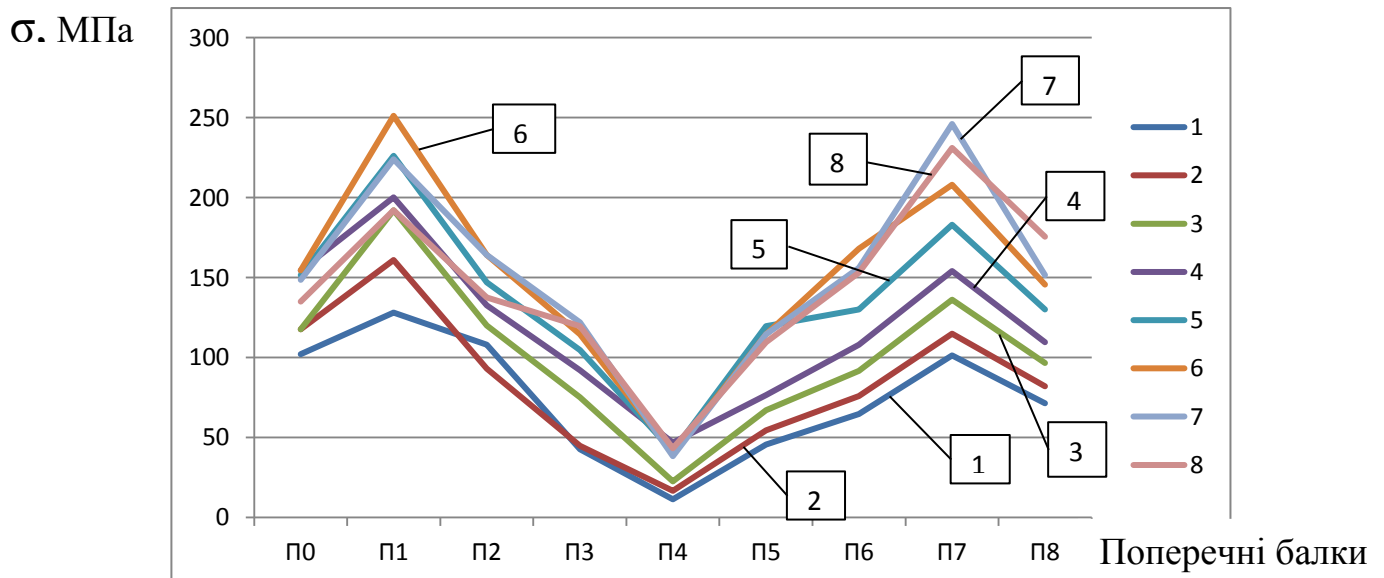


Рисунок 14 – Додатні величини напружень в поперечних балках проїзної частини, МПа (1-8 – номери завантаження)

Якщо провести порівняльну характеристику отриманих даних розрахунків з результатами експерименту, можна побачити значний збіг, як у якісному, так і у кількісному відношенні практично усіх результатів ( $\Delta=0,7-13\%$ ), що доводить високу ступінь достовірності.

У вузлах спирання поздовжньої балки на поперечну П1 та П7 досліджуваних прогонових будов присутнє перевищення розрахункових опорів матеріалу прогонових будов - сталі Ст. 3 ( $R=190$  МПа) і в деяких випадках перевищена межа текучості матеріалу, особливо в вузлах, де за проведеними обстеженнями відмічалися розладнання вузлів. При натурному випробуванні прогонової будови балки П1 та П7 не підлягали замірюванню напруження, бо найбільша кількість



дефектів (розриви заклепок, ослаблення болтів, розвиток тріщин уздовж обушка поясних кутиків поздовжніх балок у вузлах, їх сполучення з поперечними) спостерігалось саме на цих балках і не мало сенсу вимірювати напруження на вже зламаних конструкціях.

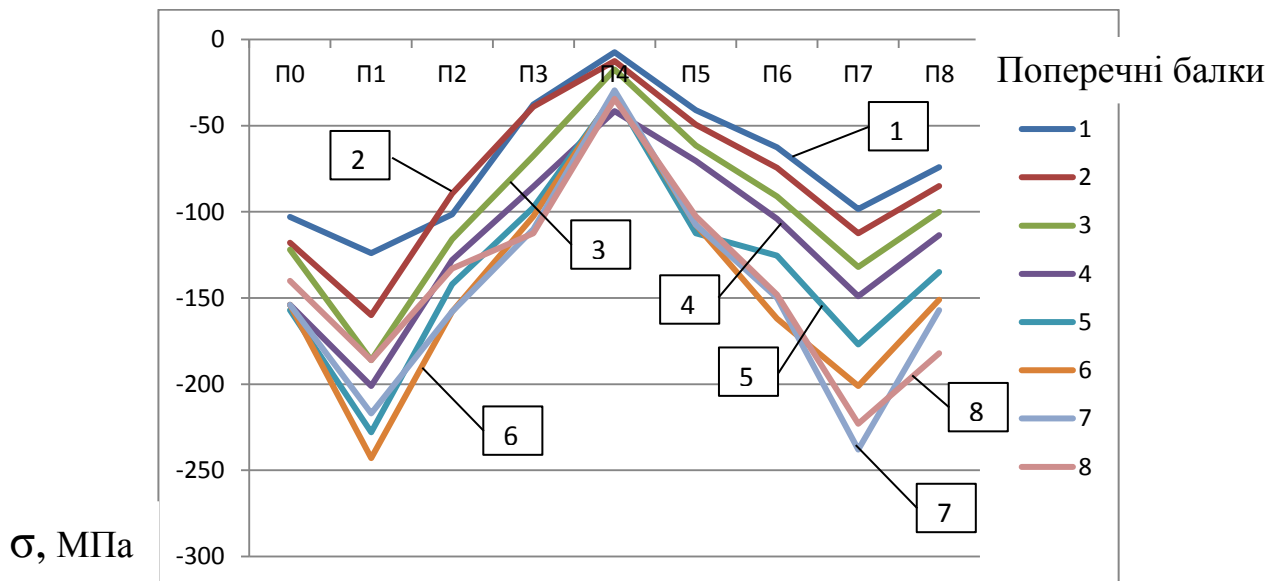


Рисунок 15 – Від'ємні величини напружень в поперечних балках проїзної частини, МПа (1-8 – номери завантаження)

Напружений стан поперечних балок проїзної частини поверхового прикріплення залежить від сумісної роботи їх з верхніми поясами головних ферм. При завантаженні прогонової будови вертикальним навантаженням стислі верхні пояси ферм коротшають в кожній панелі на величину  $\delta$ . Наявність поздовжніх балок, довжина яких під навантаженням залишається практично незмінною, перешкоджає вільним переміщенням поперечних балок, прикріплених до верхніх поясів головних ферм. Різниця переміщень  $\Delta\delta$  верхніх поясів ферм і поздовжніх балок проїзної частини викликає вигин поперечних балок в горизонтальній площині.

Одночасно згин поздовжніх балок викликає кручення поперечних балок, а також повороти вузлів та деформації згину стержнів головних ферм у їх площині. Згину відповідають перерізуючі сили, які розкладаються на поздовжні зусилля, що ведуть до переміщення вузлів ферм. Слід відзначити також, що поперечні в'язі між поздовжніми балками в перерізах над поперечними балками мають тільки верхню і нижню розпірки із швелерів № 20а і не мають діагональних елементів, внаслідок чого зменшується жорсткість поперечних в'язей і виникає можливість деякого повороту поздовжніх балок відносно їх поздовжніх осей при дії поперечних навантажень від рухомого складу. Ці обставини також можуть впливати на погіршення умов роботи нижніх поясних кутиків поздовжніх балок в місцях обпирання на поперечні балки.

Далі у розділі проведено детальне дослідження напружено деформованого стану вузла спирання поздовжніх балок на поперечні. Найслабшим місцем у балковій клітці прогонових будов, що досліджуються, є місце обпирання поздовжньої балки на поперечну. Неприятливий вплив на напружений стан металу в місцях появи тріщин мають деформації балок, які виникають при сумісній роботі

балок проїзної частини з верхніми поясами головних ферм при завантаженні всієї прогонової будови рухомих складом, в місці сполучення поздовжніх і поперечних балок виникають додатковий кут взаємного повороту та деформації кінцевих відрізків поясних кутиків поздовжніх балок та деформації верхніх поясних кутиків поперечних балок в місцях обпирання на них поздовжніх балок. Розрахунок місцевих напружень балок проїзної частини в місці спираючої поздовжньої балки на поперечну дозволив отримати поля напружень та деформацій конструкції, які зображені на рисунках 16-18.

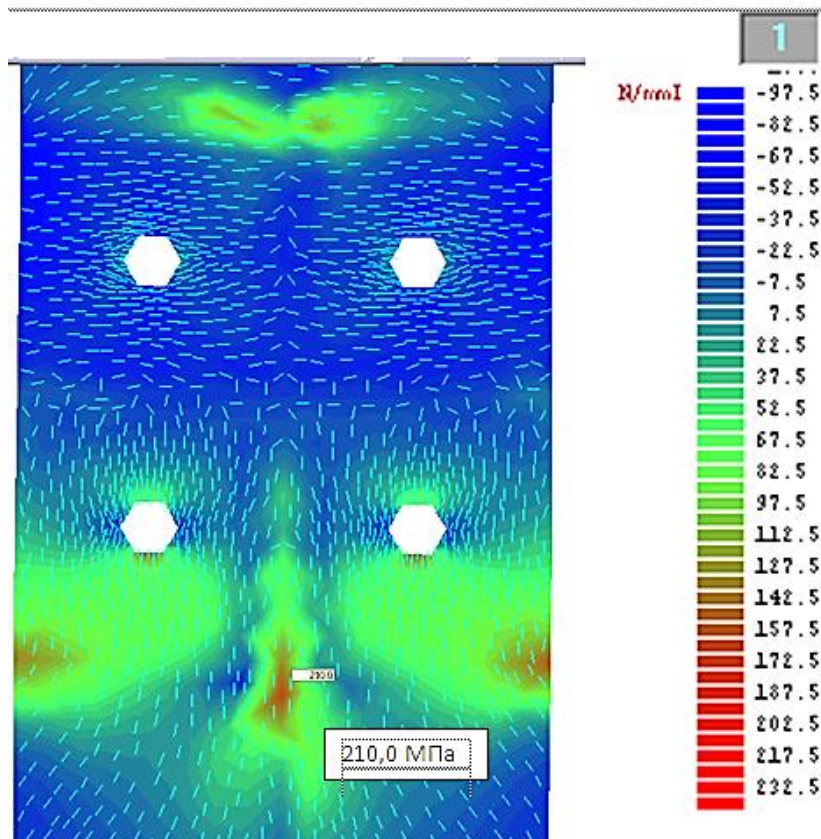


Рисунок 16 – Напружений стан нижніх горизонтальних полиць кутиків поздовжньої балки Б1 над поперечною балкою П1, МПа

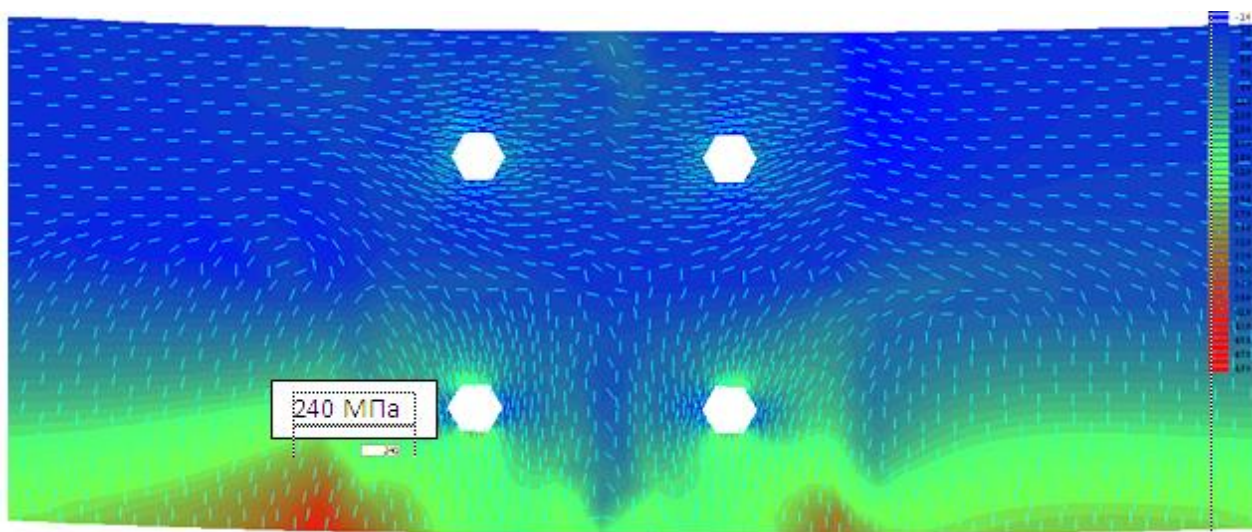


Рисунок 17 – Напружений стан по верхнім горизонтальним полицям кутиків поперечної балки П1



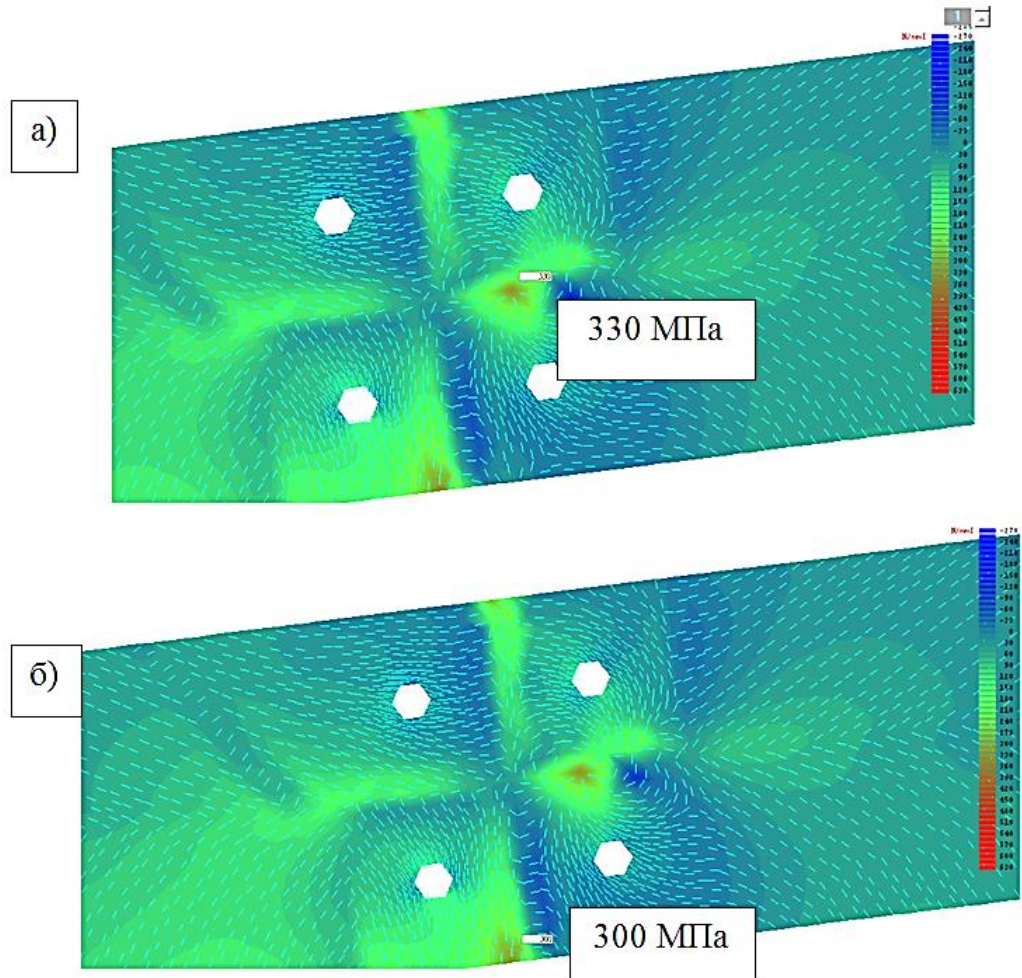


Рисунок 18 – Напружений стан по верхнім горизонтальним полицям кутиків поперечної балки П7: а – завантаження №7, б – завантаження №8

Аналіз головних напружень по нижній горизонтальній полиці кутиків поздовжньої балки свідчить про наявність місцевих напружень розтягнення (202,5 – 210,0 МПа) більших, ніж розрахункова міцність матеріалу. Не слід забувати, що у розрахунковій моделі забезпечується повне прилягання кутиків поздовжньої балки до верхніх горизонтальних полиць кутиків поперечної балки, що може не відповідати натурній конструкції, коли болти чи заклепки з'єднання балок ослаблені.

По верхнім горизонтальним полицям кутиків поперечної балки П1 під статичним навантаженням напруження досягають 240 МПа, характер отриманих полів напружень такого виду ймовірно викликає виколування горизонтальних полиць верхніх кутиків поперечних балок. А в поперечній балці П7 концентрація напруження досягає 300÷330 МПа, що по величині та характеру полів напружень скоріш всього сприяє зародженню тріщин.

Перенапруження виявлено саме в тих місцях, де частіше всього виникають тріщини в кутиках поздовжньої балки та виколування в поперечних балках.

Після аналізу відомих шляхів відновлення експлуатаційного ресурсу металокопункцій прогонових будов залізничних мостів, що експлуатуються, для вирішення проблем конструктивного рішення поперечного спірання балок запропоновано встановлення консольних листів, розташованих вздовж поздовжньої

балки та закріплені до стінки поперечної балки і посилені сталевими кутиками (рис. 19).

Для забезпечення надійної та ефективної роботи запропонованого вузла необхідно виявити раціональні параметри запропонованого вузла по кожному збірному елементу конструкції вузла окремо та при сумісній роботі усіх елементів разом. Головний критерій підбору параметрів вузла це зменшення небажаних концентрацій напружень у балках проїзної частини із встановленими додатковими консольними листами і посилені сталевими кутиками, описаними раніше, при найменших матеріальних затратах.

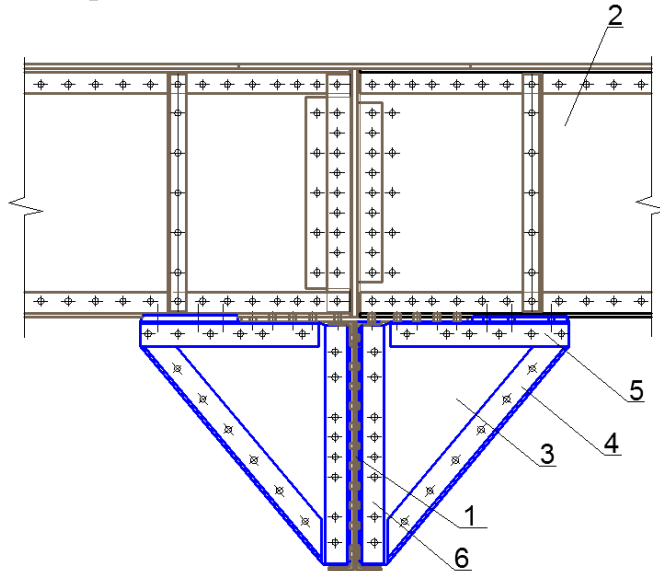


Рисунок 19 – Вузол спирання поздовжньої балки на поперечну:

1 – поперечна балка, 2 – поздовжня балка, 3 – консольні опорні листи, 4 – кутики підсилення, 5 – кутики кріплення листів до поясу поздовжньої балки, 6 – кутики кріплення листів до стінки поперечної балки.

Параметр величини консолі підбирався по максимальним величинам напружень в нижньому поясі поздовжньої балки та верхньому поясі поперечної балки. Виявлені раціональні параметри запропонованого вузла – величина консолі посилення становить 80 см, величину елементів запропонованого вузла прийнято по конструктивним характеристикам типового проекту в наслідок того, що ці величини мають малий вплив на НДС вузла.

Для визначення величини напружень у балках із встановленими додатковими посиленними сталевими кутиками консольними листами, описаними раніше, було досліджено напружено деформований стан запропонованого вузла спирання поздовжніх балок на поперечні. Проаналізувавши отримані поля розподілу нормальних напружень в балках, стає зрозумілим, що напруження в кутиках горизонтальних полиць поздовжньої балки з підсиленням зменшилось на 73 % до 54 МПа, а напруження по верхнім горизонтальним полицям кутиків поперечної балки з підсиленням зменшилось на 43÷48 % до 170 МПа. Представлена конструкція на відміну від попередніх:

- не усуває включення в сумісну роботу поздовжніх балок;
- не протидіє виникненню крутного моменту у поперечній балці.

Головна мета даної конструкції – більш плавно передати зусилля з поперечної балки на поздовжню, суттєво збільшуючи площу їх взаємного обпирання.

## ВИСНОВКИ

В дисертації наведено теоретичні дослідження і нове вирішення практичної задачі конструктивного недосконалого рішення спирання поздовжніх балок проїзної частини поверхового типу металевих прогонових будов на поперечні балки. За результатами проведеного дисертаційного дослідження автором зроблені наступні висновки:

1. Результати натурних обстежень прогонових будов з поверховою проїзною частиною свідчать, що конструкція поверхового спирання балок проїзної частини являється найбільш дефектною.

2. Визначені основні причини появи дефектів та несприятливого впливу на напружений стан металу поясних нижніх кутиків поздовжніх балок та верхніх поясних кутиків поперечних балок в місцях обпирання на них поздовжніх балок, при сумісній роботі балок проїзної частини з верхніми поясами головних ферм.

3. На основі проведеного аналізу розрахунків та існуючого досвіду встановлено, що у переважній більшості випадків клас прогонової будови, зазвичай, визначає клас балок проїзної частини, як найбільш дефектних елементів усієї прогонової будови. Класи елементів основних ферм, як правило, відповідають проектним, а класи поздовжніх та поперечних балок значно нижче.

4. Проаналізовано та експериментально досліджено напружено-деформований стан поздовжніх та поперечних балок, що виникає внаслідок спільної роботи балок проїзної частини з верхніми поясами головних ферм.

Доведено, що найбільші згинальні моменти в горизонтальній площині  $M_y$  виникають в крайніх поперечних балках П0 та П8, а найбільші згинальні моменти в вертикальній площині  $M_z$  виникають в поперечних балках П1 та П7 – непарних вузлах ферм, де жорсткість вузла ферми підвищена за рахунок розкосів, що сходяться у цих вузлах. Крутні моменти в поперечних балках також збільшуються в залежності від відстані поперечної балки від осі прогонової будови.

5. Розроблені моделі напружено-деформованого стану при дослідженні роботи балок на методі розрахунку металевих конструкцій за граничними станами та методі скінчених елементів. На основі аналізу НДС балок виявлено, що саме проблема концентрації напружень, як і припускалось раніше, являється основною причиною появи дефектів у вузлах обпирання поздовжньої балки на поперечну при поверховому розташуванні балок проїзної частини. Розрахована конструкція має недопустиме значення місцевих напружень верхнього поясу поперечної балки та небезпечні значення напружень розтягнення по нижнім полицям кутиків поздовжньої балки. Виколювання верхніх полиць кутиків поперечної балки має силовий характер, а поява дефектів в кутиках поздовжніх балок має втомлювальний характер.

6. Виходячи із особливостей та недоліків існуючих конструктивних рішень вузла спирання балок проїзної частини з поверховим розташуванням, для підвищення вантажопідйомності та експлуатаційного ресурсу металоконструкцій залізничних мостів, що перебувають у експлуатації, запропонована нова конструкція вузла з підсиленням.

7. Отримані у рамках дисертаційної роботи результати стали основою для рекомендацій для ремонту мостів Укрзалізниці з поверховою проїзною частиною,

спрямованих на подовження експлуатаційного ресурсу металевих прогонових будов залізничних мостів.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### ***Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації***

1. Ключник С.В. Аварии пешеходных мостов / А.Л. Загора, С.В. Ключник // Зб. наук. праць в 2х томах «Дороги і мости»; вип. 7, т.1. – Київ, ДерждорНДІ: – 2007. – С. 170-173.

2. Ключник С.В. Результаты диагностики технического состояния и испытаний эксплуатируемого металлического разводного моста под совмещенную езду / В. П. Тарасенко, Б. В. Савчинский, В. И. Соломка, Б. Д. Сухоруков, М. К. Журбенко, С. В. Ключник // Вісник Дніпропетр. нац. універ. залізн. тр-ту ім. ак. В.Лазаряна. – вип.14. – Дніпропетровськ: – 2007. – С. 216-219.

3. Ключник С.В. Проблемы аварийности мостовых конструкций / В.А. Мирошник, С.В. Ключник, М.К. Журбенко (ДИИТ) // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – Випуск 1. – Дніпропетровськ: – 2012. – С. 55-59.

4. Ключник С.В. Обзор вариантов усиления та ремонту балок проїзної частини поверхового типу / С.В. Ключник, В.В. Марочка // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – Випуск 5. – Дніпропетровськ: – 2014. – С. 35-40.

5. Патент 109806, Україна, МПК E01D 1/00, E01D 19/00, E01D 101/30 Вузол спирання поздовжньої балки на поперечну / В. В. Марочка, С. В. Ключник (Україна); заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна № u 2016 01940 ; опубл. 12.09.2016, Бюл. №17.

6. Kluchnik S.V. Stress-strain state of beam staged connection point of the railway bridge track-way. / Kluchnik S.V. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту «Наука та прогрес транспорту». – № 3 (69). – Дніпро: – 2017. – С. 160-170. (Розміщення журналу в міжнародних наукометричних базах даних, репозитаріях та пошукових системах: Ulrichsweb™ Global Serials Directory, WorldCat, DOAJ, Google Scholar, Index Copernicus, OAJ1, "Україніка наукова"). ISSN 2307–3489 (Print), ISSN 2307–6666 (Online).

### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

7. Ключник С.В. Результаты диагностики технического состояния и испытаний эксплуатируемого металлического разводного моста под совмещенную езду / В.П. Тарасенко, Б. В. Савчинский, В. И. Соломка, Б. Д. Сухоруков, М.К. Журбенко, С.В. Ключник // LXVI Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития железно-дорожного транспорта»: сб. тезисов. – Днепропетровск: – 2006. – С. 269.

8 Ключник С.В. Опыт эксплуатации этажной проезжей части / С.В. Ключник, В.В. Марочка // 72 Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта»: сб. тезисов. – Днепропетровск: – 2012. – С. 158.

## **АНОТАЦІЯ**

**Ключник С.В. Напружено-деформований стан балок проїзної частини поверхового сполучення металевих мостів.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» (19 – архітектура та будівництво). – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна; Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Міністерства освіти і науки України, м. Дніпро, 2018.

Дисертація присвячена теоретичному і експериментальному дослідженню роботи металевих балок проїзної частини поверхового сполучення металевих прогонових будов проектного інституту «Проектстальконструкція». У роботі оцінено загальний технічний стан металевих залізничних мостів України, проаналізовано причини аварій металевих мостів, основні причини зменшення експлуатаційного залишкового ресурсу, зниження вантажопідйомності металевих прогонових будов. Уточнено механізм утворення тріщин під час експлуатації балок проїзної частини з поверховим розташуванням металевих прогонових будов.

Дисертаційну роботу виконано з метою вирішення задачі подовження експлуатаційного ресурсу та збільшення вантажопідйомності металевих прогонових будов з поверховим розміщенням балок проїзної частини та низьким класом навантаження. Підсилення металевих прогонових будов дозволяє подовжити експлуатаційний ресурс, збільшити вантажопідйомність конструкцій, та ліквідувати основну причину її зниження.

Для виконання поставленої мети проведено експериментальні дослідження, де встановлено недостатню довговічність металевих залізничних мостів з поверховим розташуванням балок проїзної частини, досліджено їх напружено-деформований стан, підтверджено надмірні напруження у характерних вузлах.

Опираючись на результати проведених експериментів і теоретичних досліджень, запропоновано нову конструкцію підсилення вузла спирання поздовжньої балки на поперечну при їх поверховому сполученні (отримано патент на корисну модель).

Результати дисертації рекомендовані у впровадження при капітальному ремонті залізничного мосту через р. Інгулець на 109 км ділянки Кривий Ріг – Долинська Придніпровської залізниці.

**Ключові слова:** металеві прогонові будови, поздовжні та поперечні балки проїзної частини, вантажопідйомність, напружено-деформований стан.

## ABSTRACT

**KLUCHNIK S.V. Research of the stress-strain state of steel bridges.** – Qualification scientific work on the rights of manuscript.

A thesis submitted for a degree of Candidate of Technical Science by specialty 05.23.01 "Building constructions, buildings and structures" – Dnipropetrovs'k national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, of the Ministry of Education and Science of Ukraine, of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2018.

The thesis is dedicated to the theoretical and experimental research of the carriageway beams with storied conjunction in steel spans by Design Stalinstruction. In the work the general technical state of steel railway bridges of Ukraine is estimated, the reasons of steel bridges failures, major reasons of residual life decrease and bearing

capacity reduction are analyzed for steel spans. The mechanism of crack creation during storied beams carriageway operation in steel spans is clarified.

The dissertation was carried to solve the problem of reinforcement of steel carriageways with beams with storied conjunction, which allows to quickly increase the bearing capacity of structures, and to eliminate the main reason for its reduction.

To accomplish this goal, experimental researches have been carried out, in which insufficient durability of steel railway bridges with a storied conjunction of beams of the carriageway was established, their stress-strain state has been investigated, excessive stresses have been confirmed in characteristic nodes.

Relying on the results of experiments and theoretical studies, a new construction of the reinforcement of the conjunction point of the longitudinal beam to the transverse ones with storied conjunction is proposed (a patent for a utility model is obtained).

The results of the dissertation are recommended for implementation in the renewal of the railway bridge across the Ingulets River at 109 km of the Kryviy Rih – Dolinskaya of Prydniprovskaya Railroad.

**Keywords:** steel spans, longitudinal and transverse beams of the carriageway, bearing capacity, stress-strain state.