

УДК 624.21:625.745.1

**Боднар Л. П.**, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-4754-721X>

**Завгородній С. С.**, <https://orcid.org/0000-0003-1928-4544>

**Коваль П. М.**, канд. техн. наук, проф., <https://orcid.org/0000-0002-0040-5900>

**Панібратець Л. Г.**, <https://orcid.org/0000-0003-0683-9299>

**Яструбінецький В. Л.**, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-4837-3303>

*Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНД»), м. Київ, Україна*

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕФЕКТІВ КОНСТРУКЦІЙ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ НА ЇХ НЕСНУ ЗДАТНІСТЬ

### **Анотація**

**Вступ.** На автомобільних дорогах значно зросли вага та інтенсивність руху транспортних засобів. Встановлено, що вирішення проблеми безпечного утримання мостів залежить від коректного визначення вантажопідйомності мостів із врахуванням впливу дефектів їх конструкцій. Кожен рік у світі внаслідок перевантаження відбуваються руйнування мостів із важкими наслідками, тому задача визначення впливу дефектів на несну здатність конструкцій є актуальною.

**Проблематика.** В умовах обмеженого фінансування дорожньої галузі України вік автодорожніх мостів постійно збільшується, зростає кількість дефектів у конструкціях. Вирішення проблеми безпечного утримання мостів пов'язане з необхідністю визначення вантажопідйомності мостів з урахуванням впливу дефектів їх конструкцій, цьому присвячено ряд робіт. Але в цих роботах не закладений системний підхід до забезпечення надійної і безпечної експлуатації мостів. В Укравтодорі функціонує Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ). У цьому програмному комплексі акумулюється вся інформація результатів обстежень мостів на дорогах державного значення, тут є дані про дефекти елементів споруд.

**Мета.** Метою роботи є розроблення на основі аналізу даних обстежень автодорожніх мостів, які зберігаються в АЕСУМ, методики виявлення дефектів, які впливають на несну здатність конструкцій та можуть викликати руйнування споруд.

**Матеріали та методи.** Розглянуто сучасне поняття несної здатності автодорожнього моста і його основних елементів, а також види несної здатності залежно від досягнення граничних станів 1 і 2 групи. Наведені приклади втрати несної здатності конструкціями мостів внаслідок досягнення ними граничних станів, визначено причини руйнувань. За результатами аналізу матеріалів обстежень автодорожніх мостів із використанням бази даних АЕСУМ виявлені дефекти конструкцій мостів, які впливають на несну здатність мостів і можуть викликати руйнування мостів.

**Результати.** Виконано систематизацію дефектів у програмному комплексі АЕСУМ щодо їх впливу на несну здатність конструкцій, використання якої дозволить визначати мости з можливістю їх руйнування. Це дозволить визначати споруди, які необхідно першочергово ремонтувати та забезпечить надійну і безаварійну експлуатацію автодорожніх мостів.

**Висновки.** За матеріалами обстежень з бази даних АЕСУМ виконаний аналіз дефектів конструкцій автодорожніх мостів і визначений вплив цих дефектів на несну здатність конструкцій. Виявлено дефекти конструкцій автодорожніх мостів, які можуть викликати руйнування споруд. Виконано систематизацію дефектів у програмному комплексі АЕСУМ щодо їх впливу на несну здатність конструкцій, використання якої дозволить визначати мости з можливістю їх руйнування.

Це дозволить визначати споруди, які необхідно першочергово ремонтувати і забезпечити надійну і безаварійну експлуатацію автодорожніх мостів.

**Ключові слова:** автодорожній міст, безпека експлуатації мостів, дефект підвищеної небезпеки, несна здатність, типовий проєкт.

## Вступ

За останні роки Україні значно зросли вага та інтенсивність руху транспортних засобів на автомобільних дорогах. Більшість мостів, які експлуатуються на цих дорогах, збудовано за нормами, проєктні навантаження яких не відповідають сучасним навантаженням на транспортні споруди [1]. Внаслідок проблем експлуатації ряд мостів експлуатуються з дефектами конструкцій, які зменшують їх несну здатність. Це негативно впливає на вантажопідйомність мостів, у 2019 році на дорогах державного значення відбулися обвалення мостів у Тернопільській і Харківській областях.

Проблема експлуатації мостів із дефектами конструкцій в умовах обмеженого фінансування дорожньої галузі набуває особливої актуальності на сучасному етапі, тому що вік мостів постійно збільшується, ресурс їх елементів вичерпується. Вирішення проблеми безпечного утримання мостів пов'язане з необхідністю визначення вантажопідйомності мостів з урахуванням впливу дефектів їх конструкцій, цьому присвячено ряд робіт [2, 3, 4]. Але в цих роботах не закладено системний підхід до забезпечення надійної та безпечної експлуатації мостів.

Варто звернути увагу на те, що кожен рік у світі відбуваються руйнування мостів із важкими наслідками. Так у роботі [5] виконано аналіз причин аварій і руйнувань ряду мостів і зроблено висновки, що це відбувається внаслідок перевантажень споруд, втоми конструкцій, деградації матеріалів, несприятливого впливу середовища. У цій роботі відмічено, що відбувається прогресуюче руйнування мостів. Треба враховувати можливість локальних відмов конструктивної системи, тому що повний захист від них неможливий. Але важливо заблокувати можливість виходу з ладу визначальних елементів системи.

В Укравтодорі функціонує Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ) [6, 7]. У цьому програмному комплексі акумулюється вся інформація результатів обстежень мостів на дорогах державного значення, тут є дані про дефекти елементів споруд.

Мета дослідження — розробити на основі аналізу даних обстежень автодорожніх мостів, які зберігаються в АЕСУМ, методику виявлення дефектів, які впливають на несну здатність конструкцій і можуть викликати руйнування споруд.

## Основна частина

### 1. Сучасне поняття несної здатності автодорожнього моста і його основних елементів. Види несної здатності елементів моста

Відповідно до вимог основного діючого нормативного документа з проєктування мостів ДБН В.2.3-22:2009 [8], п. 4.3.2, несна здатність моста — це недопущення будь-якого з перерахованих нижче граничних станів 1 групи:

- втрата несної здатності ґрунтів основи (зсуви, розмиви тощо);
- втрата стійкості положення;
- втрата міцності;
- втрата стійкості форми;
- втрата витривалості.

*Несну здатність ґрунтів основи* визначають під час проєктування моста на основі даних інженерно-геологічних вишукувань. При обстеженні мостів слід приділити увагу різним відхиленням конструкцій моста в плані і профілі від проєктного положення. Це особливо важливо у разі розташування споруд на ґрунтах із можливістю додаткових нерівномірних деформацій — просадних, карстових, схильних до зсуву, а також на підроблюваних територіях.

В Україні основні зони розташування ґрунтів, що просідають — Запорізька та Дніпропетровська області, карстових — Львівська, Рівненська та Волинська області, підроблювані території — Донбас, Криворіжжя, Волинь, Львівщина.

Відсутність своєчасного кваліфікованого обстеження ґрунтів основи моста може призвести до значних додаткових деформацій споруди і, у подальшому, великих витрат на його відновлення.

*Приклад 1.* Міський шляхопровід через залізничні колії станції Нікополь у 2001 році був закритий на капітальний ремонт (схема прогонів шляхопроводу 14+33+33+14 м, 20 м завширшки). У результаті тривалого витoku води в глинисті ґрунти основи, що просідає, від близько розташованого підземного водопроводу, стоян шляхопроводу з боку центру міста (опора 0) просів на 1,5 м і змістився вбік від проєктного положення на 2 м. Осідання проміжної опори 1 склало 66 см.

Під час капітального ремонту шляхопроводу було виконано наступні основні роботи:

- демонтаж 13 балок прогонової будови 0-1 на насип підходів (залізобетонні таврові балки довжиною 14 м за типовим проєктом Вип. 56);
- повне розбирання стояна 0;
- спорудження нового стояна 0;
- підйом прогонової будови 1-2 на опорі 2 на висоту 66 см (13 балок довжиною 33 м з попередньо напруженого залізобетону) за допомогою плоских домкратів Фрейсіне;
- монтаж 13 балок прогонової будови 0-1 у проєктне положення;
- заміна мостового полотна на шляхопроводі.

*Приклад 2.* Шляхопровід у Дніпропетровській області через залізницю на автомобільній дорозі Т-04-32 Божедарівка – Малософіївка – Нікополь, км 103+052.

У результаті витoku води в глинисті ґрунти просідної основи проміжна опора опустилася на 25 см. У 2007 році підйом прогонової будови (6 залізобетонних балок за типовим проєктом Вип. 56) було виконано за допомогою плунжерних домкратів і відновлено проєктний рівень опори.

**Втрата стійкості положення (перекидання).** Цей вид втрати несної здатності елементів мостів відноситься, в основному, до конструкцій берегових опор (стоянів). Можливо, наприклад, перекидання відкрilка стояна від бокового тиску ґрунту насипу у разі порушення (або відсутності) зв'язку відкрilка зі шафовою стінкою.

**Недопущення втрати міцності.** Міцність — це основний вид несної здатності прогонових будов і опор мостів.

Міцність конструкцій залізобетонних мостів перевіряється за максимальними зусиллям:

- згинальним моментом;
- поперечною силою.

Несну здатність залізобетонних конструкцій мостів за згинальним моментом визначають за формулами (3.17)–(3.20) ДБН В.2.3-14:2006 [9], п. 3.62, п. 3.63. У цих формулах застосовують гіпотезу А. Ф. Лолейта – А. А. Гвоздева, згідно з якою несна здатність залізобетонних конструкцій за згинальним моментом визначають парою внутрішніх зусиль: у стиснутій зоні — це опір стисненню бетону і розташованої в цій зоні арматури, у розтягнутій зоні – опір розтягуванню арматури. При цьому напруження в стиснутій зоні рівні розрахунковим опорам бетону та арматури на стиск, а напруження в розтягнутій арматурі — розрахунковому опорі арматури на розтяг.

Незважаючи на істотні умовності (рівномірне розподілення напружень у стиснутій зоні

бетону, одночасне досягнення бетоном і арматурою граничних значень), ця гіпотеза витримала майже вікову критику і до цього часу залишається визначальною під час проектування, завдяки своїм безперечним перевагам:

- простота розрахунку, що дозволяє проектувальнику самому перевірити результати розрахунку;
- збіг результатів розрахунку (у межах статистичного відхилення) з результатами численних випробувань залізобетонних балок на згин до руйнування.

Несну здатність залізобетонних конструкцій мостів за поперечною силою визначають за формулами (3.56)–(3.57) ДБН В.2.3-14:2006, [9]. Тут використовується формула граничної рівноваги М. С. Боришанського: несну здатність залізобетонної конструкції за поперечною силою визначають як суму проєкцій на вертикаль зусиль розтягу в бетоні та відігнутій арматурі в межах похилої тріщини (розташованої поблизу опори балки), а також зусиль розтягу у вертикальній арматурі (хомутах) в межах похилої тріщини.

**Втрата стійкості форми.** Цей вид втрати несної здатності елементів мостів відноситься, в основному, до стиснутих сталевих елементів сталевих і сталезалізобетонних прогонових будов. У балкових прогонових будовах — це верхній пояс і стінка балок, а також ребра жорсткості, в наскрізних прогонових будовах (фермах) — елементи верхнього поясу і висхідні розкоси.

**Втрата витривалості.** Відповідно до ДБН В.2.3-14:2006 [9] для автодорожніх і міських мостів розрахунку на витривалість підлягають тільки плити проїзної частини.

## 2. Визначення дефектів елементів мостів, які впливають на їх несну здатність та викликають руйнування споруди

За результатами аналізу матеріалів обстежень автодорожніх мостів із використанням бази даних АЕСУМ виявлено дефекти конструкцій мостів, які впливають на несну здатність мостів і можуть викликати руйнування моста. Ці дефекти зведено в табл. 1. Кодування і назви дефектів (стовбці 1 і 2) прийнято згідно з СОУ 45.2-00018112-026:2008 [10]. У колонці 3 зазначено, на який вид втрати несної здатності та яким чином впливає даний дефект, а також яка причина його появи.

*Таблиця 1*

*Дефекти конструкцій мостів, які впливають на несну здатність мостів*

Код	Назва дефекту	Види несної здатності
Дефекти прогонових будов із ненапруженого залізобетону		
059	Силкові тріщини в стиснутій зоні бетону	<b>Втрата міцності за згинальним моментом.</b> Причина — недостатній опір бетону плити на стиск
064	Пошкодження бетону від вилуговування найбільшої частини плити проїзної частини	
065	Пошкодження бетону від його розморожування найбільшої частини плити проїзної частини	
070	Фільтрація води крізь плиту проїзної частини з пошкодженням бетону (вилуговування, розморожування)	
069	Корозія арматури	<b>Втрата міцності за згинальним моментом.</b> Причина — втрата перерізу стрижнів

*Продовження таблиці 1*

Код	Назва дефекту	Види несної здатності
060	Наскрізнi похилі тріщини в ділянках біля опор	<b>Втрата міцності за поперечною силою.</b> Причина — недостатній опір розтягу хомутив та відігнутої арматури
071	Окремі пошкодження поперечного об'єднання балок	<b>Втрата міцності.</b> Причина — перевантаження окремих балок
073	Місцеве порушення поперечних зв'язків між елементами прогонових будов	
074	Руйнування поперечного об'єднання балок прогонових будов з утворенням груп балок, які не забезпечують самостійне сприйняття нормативних навантажень	
077	Прогини блоків збірних мостів нерівномірні	
080	Зміщення діафрагм прогонових будов в плані і по вертикалі	<b>Втрата міцності.</b> Причина –перевантаження окремих балок
081	Руйнування зварних швів металевих накладок діафрагм	
078	Відсутнє надійне обпирання головних балок на опорні частини чи ригелі	
Дефекти прогонових будов із попередньо напруженого залізобетону		
087	Тріщини в розтягнутому бетоні	<b>Втрата міцності.</b> Причина — недостатня кількість арматури або недостатній рівень попереднього натягу арматури
088	Похилі силові тріщини в опорних зонах	<b>Втрата міцності за поперечною силою.</b> Причина — недостатня кількість арматури
099	Чисельні раковини в стиснутому бетоні	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення стиснутої зони бетону
103	Порушення поперечних зв'язків між елементами	<b>Втрата міцності.</b> Причина — перевантаження окремих балок
104	Порушення спільної роботи елементів прогонової будови	
107	Пошкодження опорних частин	<b>Втрата міцності.</b> Причина – зміщення окремих балок з опорних частин та перевантаження решти балок
108	Угон опорних частин	
Дефекти прогонових будов сталевих мостів		
116	Корозія зв'язків	<b>Втрата міцності</b> (для всіх елементів). Для стиснутих елементів ферм — <b>втрата стійкості форми.</b> Причина — зменшення площі поперечного перерізу
117	Корозія балок	
118	Корозія елементів ферм	
119	Корозія основних несних елементів	
121	Погнутості елементів решітки	<b>Втрата міцності</b> елементів верхніх поясів. Причина — вітрове навантаження поперек мосту
122	Місцеві деформації на полицях балок	
123	Місцеві деформації на поясах балок	

Код	Назва дефекту	Види несної здатності
129	Розриви горизонтальних зв'язків по верхньому поясу ферм прогонових будов з їздою понизу	<b>Втрата стійкості форми</b> елементів верхніх поясів. Причина — роздільна робота верхніх поясів <b>Втрата міцності</b> балок або ферм. Причина — зменшення площі поперечного перерізу балок або елементів ферм
130	Залишкові прогини балок	<b>Втрата міцності</b> балок або ферм. Причина — зменшення площі поперечного перерізу балок або елементів ферм
131	Провисання ферм	
136	Тріщини від втоми в косинках ферм та інших елементах	<b>Втрата міцності</b> елементів та з'єднань
137-175	Дефекти елементів вузлів і з'єднань прогонових будов сталевих мостів	
<b>Дефекти прогонових будов сталезалізобетонних мостів</b>		
180-188	Корозія металу прогонових будов сталезалізобетонних мостів	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення площі поперечного перерізу
190-203	Місцева деформація стиснутих елементів ферм, місцева деформація поясів ферм, викривлення елементів, деформації стиснутих елементів ферм, деформації решітки ферм, прогини елементів, вм'ятини в елементах мостів внаслідок ударів транспорту	<b>Втрата стійкості форми</b> стиснутих елементів ферм. Причина — вм'ятини в елементах мостів внаслідок ударів транспорту
210-214	Тріщини зварних швів, тріщини втомленості в елементах ферм	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення робочої площі поперечного перерізу
<b>Дефекти залізобетонної плити сталезалізобетонних мостів</b>		
244	Сітка тріщин у зонах розміщення упорів сталезалізобетонних мостів через розладнання з'єднання зі сталевими балками	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення несної здатності елементів
245, 248	Неякісне ущільнення бетону в окремих збірних плитах, проломи плити мостового полотна	
<b>Дефекти ригелів опор</b>		
348, 352, 357, 358	Оголення арматури та корозія арматури ригелів опор, суцільна сітка тріщин на нижній поверхні ригелів, вертикальні наскрізні тріщини консолей ригелів, силові похилі тріщини тіла ригелів, суцільне оголення крайніх арматурних каркасів	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення несної здатності ригеля
354	Вертикальні наскрізні тріщини консолей ригелів	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення несної здатності консолей ригеля

Код	Назва дефекту	Види несної здатності
<b>Дефекти проміжних опор</b>		
373, 376, 377, 380, 381	Локальне оголення арматури та корозія арматури проміжних опор, пошкодження тіла стійок з оголенням та корозією арматури на великих площах, свищі в тілі оболонок стійок, вертикальні та горизонтальні тріщини тріщини в залежності від місця розташування моста	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення несної здатності опори
382	Поздовжні вигини високих стійок	<b>Втрата міцності.</b> Причина — зменшення несної здатності опори на стиск. Можлива також <b>втрата стійкості форми</b> стійок опори. Причина — зменшення поперечних перерізів опори
383	Зменшення міцності бетону в порівнянні з проектною	
384	Значні пошкодження тіла стійок, які приводять до зменшення розрахункових поперечних перерізів або зміни розрахункової схеми	
<b>Дефекти стоянів мосту</b>		
392, 394, 397, 398	Шафові стінки, відкритки відхилились від проектного положення, шафові стінки відокремилися від ригелів (насадок) стоянів	<b>Втрата стійкості положення</b> елементів стоянів. Причина — розрив зв'язків елементів стоянів, підмив стоянів
399	Нахили тіла стоянів від вертикалі	<b>Втрата стійкості положення.</b> Причина — втрата несної здатності ґрунтів основи
404- 408	Переміщення стоянів в плані та по вертикалі, значні пошкодження тіла стоянів	
<b>Дефекти кам'яних опор</b>		
418- 428	Втрата розчину кладки на глибину розмірів каменів, вивали фрагментів кладки, великі тріщини тіла опор, втрата розчину кладки на глибину розмірів каменів	<b>Втрата міцності</b> кам'яної опори. Причини — руйнування елементів кладки
	Нахили тіла опори, зсув, просідання опор	<b>Втрата стійкості положення</b> Причина — втрата несної здатності ґрунтів основи
<b>Дефекти металевих опорних частин</b>		
261, 262, 268	Перекісили угон каткових опорних частин, значне зменшення рухомості елементів опорних частин	<b>Втрата міцності</b> прогонової будови. Причина — поява додаткових зусиль в елементах прогонової будови
<b>Дефекти залізобетонних опорних частин</b>		
283, 287- 289	Розшарування бетону тіла залізобетонних опорних частин з оголенням арматури та корозією арматури, розриви, руйнування та втрата елементів опорних частин	<b>Втрата міцності</b> прогонової будови. Причина — поява додаткових зусиль в елементах прогонової будови

*Продовження таблиці 1*

Код	Назва дефекту	Види несної здатності
<b>Дефекти гумових опорних частин</b>		
301	Зміщення гумових опорних частин з нависанням за підферменник	<b>Втрата міцності</b> прогонової будови. Причина — поява додаткових зусиль в елементах прогонової будови
312	Суцільне руйнування тіла гумових опорних частин	
<b>Дефекти залізобетонних (кам'яних) підферменників</b>		
321	Вертикальні тріщини в підферменнику	<b>Втрата стійкості положення</b> прогонової будови. Причина — нестійке положення однієї з балок прогонової будови
325	Вивітрювання каменю тіла кам'яних підферменників	
327	Втрата частини тіла підферменника під опорною частиною	
330	Зависання опорної частини	
332	Руйнування стику між підферменником та ригелем	
<b>Дефекти палових фундаментів</b>		
435	Не враховано проєктом агресивне природне середовище пального фундаменту	<b>Втрата стійкості положення</b> прогонової будови та фундаменту. Причина — <b>втрата несної здатності ґрунтів основи</b>
440	Оголення та корозія арматури паль	
441	Суттєві місцеві розмиви по дну русла	
442	Суттєві загальні розмиви по дну русла	
443	Розмиви по дну русла, що перевищують розрахункові	
446	Відхилення положення паль від проєктного положення	
447	Зміщення палових ростверків від проєктного положення за час експлуатації	
399	Нахили тіла стоянів від вертикалі	<b>Втрата стійкості положення.</b> Причина — втрата несної здатності ґрунтів основи
404-408	Переміщення стоянів в плані та по вертикалі, значні пошкодження тіла стоянів	
<b>Дефекти кам'яних опор</b>		
418-428	Втрата розчину кладки на глибину розмірів каменів, вивали фрагментів кладки, великі тріщини тіла опор, втрата розчину кладки на глибину розмірів каменів	<b>Втрата міцності</b> кам'яної опори. Причини — руйнування елементів кладки
	Нахили тіла опори, зсув, просідання опор	<b>Втрата стійкості положення.</b> Причина — втрата несної здатності ґрунтів основи



*Кінець таблиці 1*

Код	Назва дефекту	Види несної здатності
<b>Дефекти металевих опорних частин</b>		
261, 262, 268	Перекісили угон каткових опорних частин, значне зменшення рухомості елементів опорних частин	<b>Втрата міцності</b> прогонової будови. Причина — поява додаткових зусиль в елементах прогонової будови
<b>Дефекти залізобетонних опорних частин</b>		
283, 287- 289	Розшарування бетону тіла залізобетонних опорних частин з оголенням арматури та корозією арматури, розриви, руйнування та втрата елементів опорних частин	<b>Втрата міцності</b> прогонової будови. Причина — поява додаткових зусиль в елементах прогонової будови
<b>Дефекти гумових опорних частин</b>		
301	Зміщення гумових опорних частин з нависанням за підферменник	<b>Втрата міцності</b> прогонової будови. Причина — поява додаткових зусиль в елементах прогонової будови
312	Суцільне руйнування тіла гумових опорних частин	
<b>Дефекти залізобетонних (кам'яних) підферменників</b>		
321	Вертикальні тріщини в підферменнику	<b>Втрата стійкості положення</b> прогонової будови. Причина — нестійке положення однієї з балок прогонової будови
325	Вивітрювання каменю тіла кам'яних підферменників	
327	Втрата частини тіла підферменника під опорною частиною	
330	Зависання опорної частини	
332	Руйнування стику між підферменником та ригелем	
<b>Дефекти пальових фундаментів</b>		
435	Не враховано проєктом агресивне природне середовище пальового фундаменту	<b>Втрата стійкості положення</b> прогонової будови та фундаменту. Причина — <b>втрата несної здатності ґрунтів основи</b>
440	Оголення та корозія арматури паль	
441	Суттєві місцеві розмиви по дну русла	
442	Суттєві загальні розмиви по дну русла	
443	Розмиви по дну русла, що перевищують розрахункові	
446	Відхилення положення паль від проєктного положення	
447	Зміщення пальових ростверків від проєктного положення за час експлуатації	

### *Приклади дефектів мостів* (з бази даних АЕСУМ)

Дефект 494. **Втрата несної здатності ґрунтів основи.** Ймовірна причина — просадка основи фундаментів опор.



**Рисунок 1** — В обох стоянів моста нижня частина опустилася на 30 мм. Міст через р. Тейсарівка на автомобільній дорозі М-12 Стрий – Тернопіль–Кропивницький – Знам'янка (через м. Вінницю), км 13+243

Дефект 069. **Втрата міцності за згинальним моментом.** Причина — зменшення кількості робочої арматури.



**Рисунок 2** — Розрив 6-ти струн робочої поздовжньої арматури в нижньому поясі балки. Міст через струмок на автомобільній дорозі Н-02 /М-06/ – Кременець – Біла Церква – Ржищів – Канів – Софіївка, км 276+526

Дефект 259. Втрата стійкості положення прогонової будови.



*Рисунок 3* — Зміщення опорних частин від проектного положення. Міст через струмок на автомобільній дорозі Н-02 /М-06/ – Кременець – Біла Церква – Ржищів – Канів – Софіївка, км 234+349

Дефект 117. Втрата міцності прогонової будови.



*Рисунок 4* — Значна корозія сталевих балок. Міст через струмок на автомобільній дорозі Н-13 Львів – Самбір – Ужгород, км 191+771

### Висновки

1. За матеріалами обстежень із бази даних АЕСУМ виконано аналіз дефектів конструкцій автодорожніх мостів і визначено вплив цих дефектів на несну здатність конструкцій.
2. Виявлено дефекти конструкцій автодорожніх мостів, які можуть викликати руйнування споруд.
3. Виконано систематизацію дефектів у програмному комплексі АЕСУМ щодо їх впливу

на несну здатність конструкцій, використання якої дозволить визначати мости з можливістю їх руйнування. Це дозволить визначати споруди, які необхідно першочергово ремонтувати та забезпечити надійну і безаварійну експлуатацію автодорожніх мостів.

### Список літератури

1. Боднар Л.П. Удосконалення проектування ремонтів при експлуатації автодорожніх мостів: дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2019, 212 с.
2. Лучко Й. Й., Коваль П. М., Корнієв М. М., Лантух-Лященко А. І., Хархаліс М. Р., Панасюк В. В. Мости: конструкції та надійність: довідник. Львів, 2005. 989 с.
3. Васильев А. И. Оценка грузоподъемности и долговечности мостов: методическое пособие. Москва, 2016. 40 с.
4. Кожушко В. П., Бильченко А.В., Кислов А.Г., Бережная Е.В., Безбабичева О.И., Бугаевский С.А., Краснов С.Н., Краснова Е.С. Повышение долговечности автодорожных мостов: монография. Харьков, 2016. 236 с.
5. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Кокодеєв А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 2. *Интернет-журнал «Транспортные сооружения»*. 2017. Том 4. № 4 С. 1-34. URL: <https://t-s.today/PDF/14TS417.pdf> (дата звернення: 20.04.2020).
6. Боднар Л.П., Лантух-Лященко А. І., Канін О. П., Коваль П. М., Фаль А. Є. Аналітична експертна система управління мостами. Досвід впровадження. *Дорожня галузь України*. Київ, 2011. № 7. С. 42-47.
7. Боднар Л.П. Аналитическая экспертная система управления мостами Украины. *Автомобильные дороги и мосты: научно-технический журнал*. Минск, 2015. Вып. № 2 (16). С. 18-23.
8. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Київ, 2009. 52 с. (Інформація та документація).
9. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. Київ, 2006. 366 с. (Інформація та документація).
10. СОУ 45.2-00018112-026:2008. Споруди транспорту. Дефекти автодорожніх мостів. Класифікація. Київ, 2008. 72 с. (Інформація та документація).

### References

1. Bodnar L.P. Udoskonalennia proektuvannia remontiv pry ekspluatatsii avtodorozhnykh mostiv (Improving the repairs planning during the operation of road bridges): PhD thesis. Kyiv, 2019. 212 p. [in Ukrainian].
2. Luchko J.J., Koval P.M., Korniev .M., Lantukh-Lyashchenko A.I., Kharkhalis M.R., Panasiuk V.V. Mosty: konstruktzii ta nadiinist: dovidnyk (Bidges: designs and reliability): Reference book. Lviv, 2005. 989 p. [in Ukrainian].
3. Vasiliyev A. I. Otsenka hruzopodemnosti y dolhovechnosti mostov (Evaluation of the carrying capacity and durability of bridges) : Manual. Moscow, 2016.40 p. [in Russian].
4. Kozhushko V.P., Bilchenko A.V., Kislov A.G., Berezhnaya Ye.V., Bezbabicheva O.I., Bugaievskii S.A. Krasnov S.N., Krasnova Ye.S. Povyshenye dolhovechnosti avtodorozhnykh mostov

(Improving the durability of road bridges): a monograph., Kharkiv, 2016. 236 p. [in Ukrainian].

5. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Maistrenko I.Yu., Kokodeyev A.V. Avarii i razrusheniya mostovykh sooruzheniy. analiz ikh prichin. Chast 2. (Accidents and destruction of bridge structures, analysis of their causes. Part 2.). *Online magazine «Transport facilities»*. 2017. Volume 4. № 4. P. 1-34. URL: <https://t-s.today/PDF/14TS417.pdf> (Last accessed: 20.04.2020) [in Russian].

6. Bodnar L.P., Lantukh-Lyashchenko A.I., Kanin O.P., Koval P.M., Fal A. Ye. nalitychna ekspertna systema upravlinnia mostamy. Dosvid vprovadzhennia (An analytical expert bridge management system. Experience of implementation). *Dorozhnia haluz Ukrainy*. Kyiv, 2011. № 7. P. 42-47. [in Ukrainian].

7. Bodnar L.P. Analiticheskaya ekspertnaya sistema upravleniya mostami Ukrainy (Analytical expert system of bridge management in Ukraine). *Avtomobylnye dorogi i mosty: nauchno-tekhnicheskii zhurnal*. Minsk, 2015. N 2 (16). P. 18-23. [in Russian].

8. State Building Norms (DBN B.2.3-22: 2009) Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia (Transport facilities. Bridges and culverts. Basic design requirements). Kyiv, 2009. 52 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

9. State Building Norms (DBN V. 2.3-14:2006). Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia (Transport facilities. Bridges and pipes. Design rules) Kyiv, 2006. 366 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

10. Standard of organization of Ukraine (SOU 45.2-00018112-026:2008). Sporudy transportu. Defekty avtodorozhnikh mostiv. Klasyfikatsiia (Transport facilities. Road bridges defects. Classification) Kyiv, 2008. 72 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

---

Larysa Bodnar, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-4754-721X>

Serhii Zavhorodnyy, <https://orcid.org/0000-0003-1928-4544>

**Petro Koval**, Ph.D., Prof., <https://orcid.org/0000-0002-0040-5900>

Liudmyla Panibratets, <https://orcid.org/0000-0003-0683-9299>

Vitalii Yastrubnitskyi, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-4837-3303>

M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

### RESEARCH OF THE INFLUENCE OF DEFECTS OF ROAD BRIDGE STRUCTURES ON THEIR BEARING CAPACITY

#### *Abstract*

Introduction. There has been a significant increase in the weight and traffic volume of vehicles on motor roads. It has been stated that the solution of the problem of the safe maintenance of bridges depends on the correct determination of the bridges load capacity taking into account the influence of the defects of their structures. Every year in the world as a result of overloading the bridges deterioration with heavy consequences occur, therefore the task of determining the influence of defects on the bearing capacity of structures is relevant.

Issue statement. In conditions of limited financing of the road sector of Ukraine, the age of road bridges is constantly increasing, the number of defects in structures is growing. The solution of the problem of safe maintenance of bridges is connected with the necessity to determine the bridges load capacity taking into account the influence of defects in their structures. In this connection, a number of works are devoted

to this issue. However, these works do not include a systematic approach to ensuring the reliable and safe bridge operation. The Analytical Expert Bridge Management System (AESUM) functions in Ukravtodor. This software complex accumulates all the information about the results of bridges investigations on the roads of national importance, it includes the data about the defects of structural elements.

Objective. The aim of the work is the development, on the basis of the data analysis of road bridge investigations, which are collected in AESUM, a methodology for detecting the defects affecting the bearing capacity of structures that may lead to their destruction.

Materials and methods. Modern concept of bearing capacity of a road bridge and its basic elements as well as the types of bearing capacity depending on reaching by them the limit states of group 1 and 2 are considered. The given examples of loss of bearing capacity of bridge structures as a result of their reaching the limit states are defined, the causes of deterioration are defined. Based on the investigation results analysis of road bridges by means of the AESUM database, the defects of bridge structures have been detected which affect the bearing capacity of bridges and can cause the deterioration of bridges.

Results. Systematization of defects in the software complex of AESUM about their influence on the bearing capacity of structures is carried out, the usage of this system will allow determining the bridges with the potential to deterioration. It will allow determining the structures that need to be repair first of all and ensure reliable and accident-free operation of road bridges.

**Key words:** road bridge, safety of bridges operation, high risk defect, bearing capacity, type project.