

ВПЛИВ ЗБІЛЬШЕНОЇ ТОВЩИНИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ПРОГОНІВ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ШЛЯХОПРОВОДУ

*Балбекін І.А. ДМ-41-18, Романенко А.С. ДМ-36т1-19
Науковий керівник: к.т.н., доцент Безбабічева О.І.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Мета роботи – дослідити вплив розповсюдженого дефекту у вигляді перебільшеної під час експлуатації товщини дорожнього одягу на несучу здатність та безпеку прогонових будов.

План роботи: вибір реальної конструкції за типовим проектом минулих років з зазначеним дефектом; визначення кількісного впливу зайвої товщини дорожнього одягу на несучу здатність за допомогою комп'ютерного моделювання; формулювання висновків.

Об'єкт дослідження – прогонові будови реального шляхопроводу.

Опис об'єкту дослідження.

Шляхопровід побудований у 1975р., складається із збірних залізобетонних прогонових будов з діафрагмами у вигляді таврових балок. Прогонова схема: $14,06+2\times 21,16+14,06$ м.(рис.1). Балки прогонової будови виготовлені у 1968р. за типовим проектом Союздорпроекту (Вип. 122-62) [1]. Головні балки шляхопроводу проектувалися під тимчасові навантаження Н-30 та НК-80 на підставі норм проектування СН 200-62 [2]. Прогонові будови з габаритом по верху мостового полотна $2\times 9,25$ м встановлені на двох незалежних опорах. При цьому на ригель кожної опори спираються по 6 головних балок. Опори у плані зміщені одна відносно другої на 1,4 м, що забезпечує косину прогонової будови у плані.

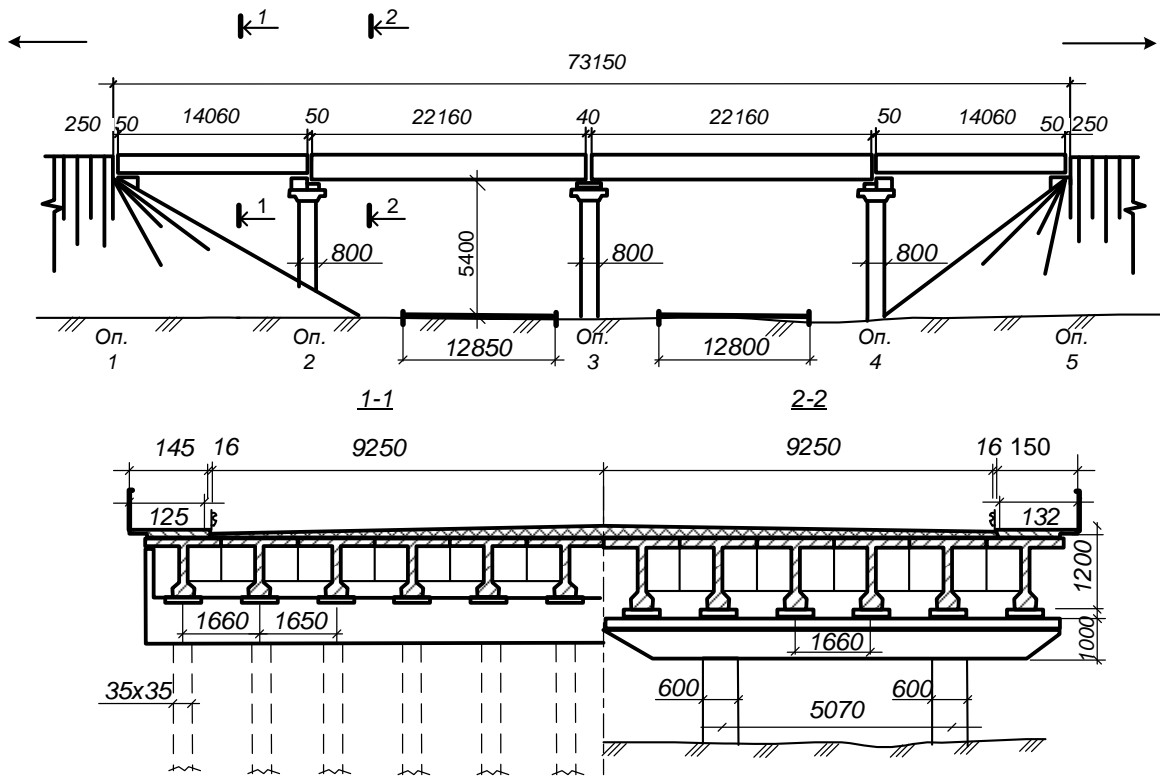


Рисунок 1 – Схема та основні розміри шляхопроводу

При розрахунку зусиль в елементах прогонових будов мосту використано програмний комплекс ПК «ЛПРА» (некомерційна версія ЛПРА-САПР2016 R5*), що реалізує метод скінчених елементів [3]. Так як прогонові будови встановлені на різні опори і об'єднуються по загальній осі лише шарами дорожнього одягу, розрахунок зусиль виконуємо як для незалежних конструкцій з 6 балками в поперечному перерізі.

Визначення дефектів, що впливають на несучу здатність, але можуть бути легко усунутими.

Серед дефектів, що були виявлені під час обстеження, є такі, що можуть знижувати несучу здатність та вантажопідйомність споруди, але не потребують складних проектних та технічних рішень і великої кількості коштів для усунення. До них можемо віднести: підвищену до 32 см товщину дорожнього одягу порівняно з проектною (15-17см), що призводить до збільшення постійного навантаження на прогни та опори; значну корозію

окремих закладних деталей та руйнування місць об'єднання діафрагм по стиках (декілька в кожному прогоні);

На споруді були виявлені інші дефекти, але для даного дослідження ми обрали саме ці, з метою з'ясування розрахунковим шляхом їх вплив на несучу здатність прогонів шляхопроводу. До того ж, такі дефекти є розповсюдженими для автодорожніх мостів та шляхопроводів.

Розрахункові дослідження для прогону довжиною 22,16 м

На рис. 2 показано поперечний переріз проміжної балки шляхопроводу, фактичний та розрахунковий. При генерації схеми розрізної прогонової будови як однопрогонової з розрахунковим прогоном 21,5 м прийняті елементи у вигляді стержнів (балки, діафрагми) та пластин (плита).

Крок елементів уздовж мосту прийнято по 0,86м ($25 \times 0,86 = 21,5$ м). У поперечному перерізі мосту прийнято середню за результатами вимірів відстань між осями балок, яка становить 1,66 м з розбивкою цієї відстані на 4 елементи з розмірами 0,415 м (рис.3).

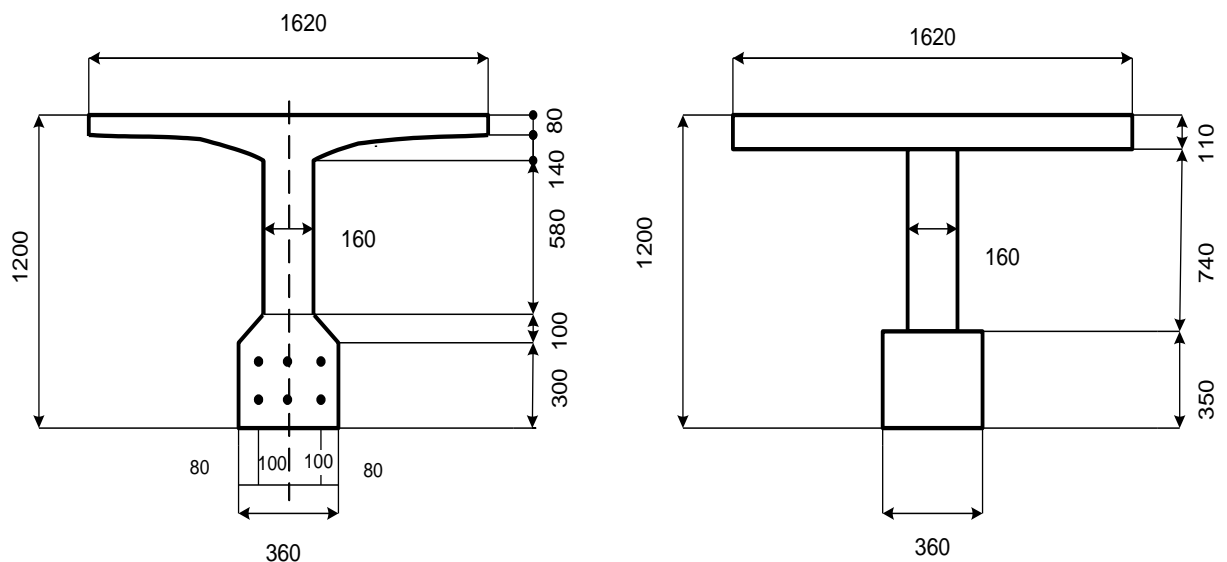


Рисунок 2 – Фактичний та приведенний переріз проміжної (середньої) балки прогону з довжиною 22, 16м

Для тестування створених моделей з урахуванням діафрагм та при їх ігноруванні в роботі балок були виконані розрахунки нормативного значення

згинального моменту в середині прольоту головних балок від тимчасового навантаження НК-80 за нормами СН 200-62. Результати були зіставлені з зусиллями від даного навантаження з розрахункових листів ТП 122 - 62. Розрахунки тестових моделей з використанням ПК «ЛІРА» дозволили отримати такі значення відповідного нормативного згинального моменту:

- $M_y = 96,6 \text{ тм}$ (966кН) для моделі, що враховує роботу діафрагм (розбіжність із значенням з типового проекту 13%);
- $M_y = 108 \text{ тм}$ (1080 кН) для моделі без врахування включення діафрагм в роботу (розбіжність із значенням з типового проекту 3%).

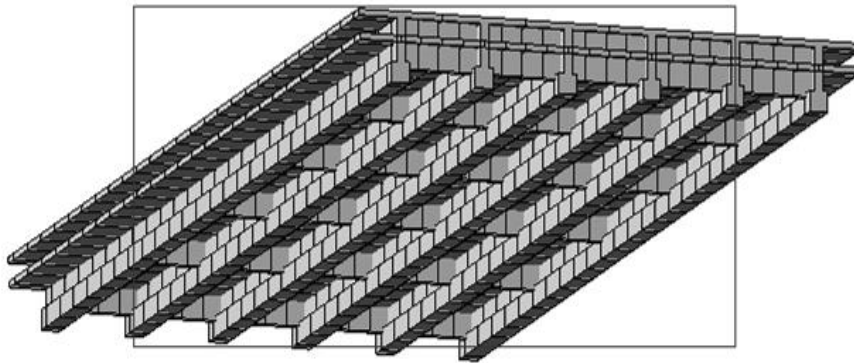


Рисунок 3 – Схема моделі прогонової будови довжиною 22,16м (розрахунковий прогін 21, 5м) з 6 головними балками та діафрагмами (3D).

Вид знизу

Фактичний стан діафрагм та їх стиків обстежуваного мосту задовільний, що дозволяє для подальших розрахунків зусиль у головних балках і діафрагмах прийняти повну модель мосту (рис. 3), а моделі на рис. 3 та на рис. 4 вважати адекватними.

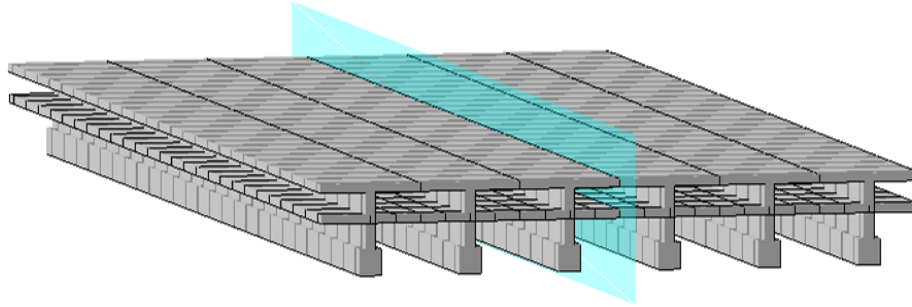


Рисунок 4 – Схема моделі прогонової будови довжиною 22,16м (розрахунковий прогін 21, 5м) з 6 головними балками без включення в роботу діафрагм (3D)

Визначення зусиль в головних балках з урахуванням дефекту у вигляді підвищеної товщини шарів дорожнього одягу

Виконано розрахунки зусиль у головних балках від тимчасових рухомих навантажень для норм проектування після 1962р. за схемами: Н-30, АК (А11); Н-40, НК- 80. Один з ілюстраційних результатів – на рисунку 5. Результати проведених чисельних розрахунків зведено до таблиці 1. Послідовність розрахунку та аналізу:

- 1) Завантаження моделі тимчасовими рухомими навантаженнями з різним розташуванням по нормам попередніх років та по сучасним. Визначення нормативних зусиль (M_y) для балок прогонової будови;
- 2) Визначення моменту від постійного навантаження ($M_{пост}$) з урахуванням збільшеної під час експлуатації товщини дорожнього одягу (до 32см замість 15см);
- 3) Прийняття граничного згинального моменту [$M_{гр}$], який може витримати балка, виходячи з конструкції та армування;
- 4) Знаходження для балок критичного (граничного) тимчасового навантаження $M_{гр}$, яке визначиться як різниця між [$M_{гр}$] та $M_{пост}$;
- 5) Порівняння значень $M_{гр}$, та M_y (табл. 1);
- 6) Аналіз результатів зусиль для різних товщин покриття.

Таблиця 1 – Згинальні моменти в середині прогону головних балок прогону 22,16 м (розрахункові значення) з урахуванням роботи діафрагм та наявних дефектів

Балка	Розрахункове значення $M_{пост}$	Зусилля (розрахункові) від навантажень, кН м											$[M_{зр}]$	Примітка
		НК-80 по осі	НК-80 по краю над балками №5 и №6	Н-30, 2 колони над балками №5 и №6	Н-30, 2 колони по осі	Н-30, 1 колона поблизу осі	Н-30, 1 колона по осі + пішоходи	А11,1 колона по осі + пішоходи	А11,1 колона по ос	Н-40, 1 колона поблизу осі	Н-30, 1 кол. край	$M_{зр}$ для рухомого тимчасового навантаження		
1	1752 1214	517	-106	168	665	272	499	542	315	301	-128	809 1347	2561	1. Значення повного граничного моменту $[M_{зр}]$, яке можуть витримати головні балки за ТП 122-62, прийнято за ВСН 32-89. «Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуати-руемых автодорожных мостов» з коефіцієнтом 0,9. 2.Значення моменту від постійного навантаження розраховано з урахуванням збільшеної товщини дорожнього одягу до 32 см. 3. Червоним кольором показані значення зусиль, якщо б дефект був усунути.
2		710 *	156	410	757 *	347	501	563	409	402	63	575 1113		
3		872 *	454	656	807 *	415	504	649 *	556	490	270			
4		872 *	893 *	874 *	807 *	430	466	595 *	559	519	502			
5		710 *	1188	1062 *	741 *	395	402	413	406	485	762 *			
6		517 *	1619	1228	631	346	310	309	309	430	1015 *			

нк80 строго ось
Эшора Му
Единицы измерения - т*м

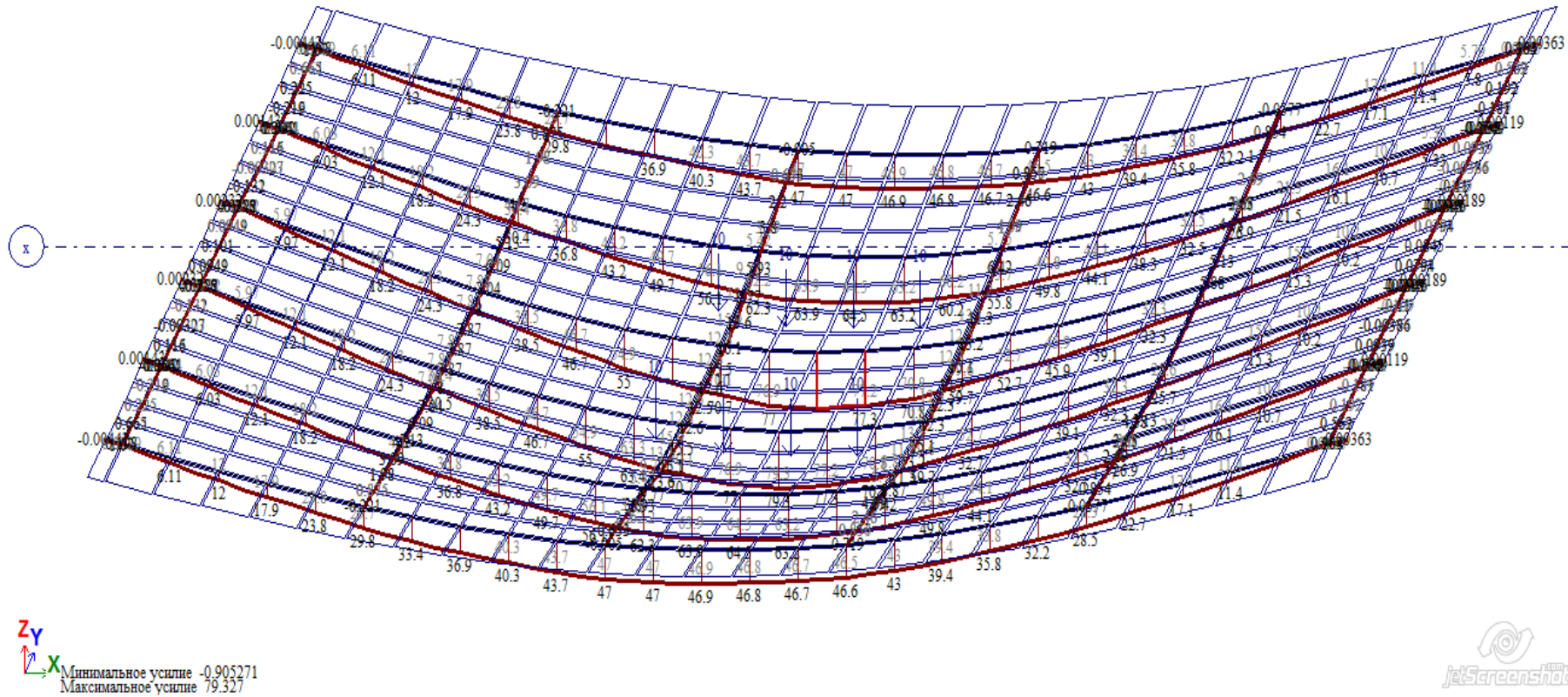


Рисунок 5 – Значення нормативних згинальних моментів від навантаження НК-80 при руху по осі проїзної частини одного напрямку (конструкція з 6 балками). Максимальне значення $M_u=79,3$ тм (793 кНм) для балок № 3 и № 4

Розрахункові значення зусиль від тимчасових навантажень в таблиці 1 визначені з урахуванням коефіцієнтів надійності та динамічного коефіцієнта за нормами проектування, що діяли на момент прийняття зазначених навантажень як характеристичні.

Для головних балок прогонових будов були визначені: розрахункові значення згинальних моментів у середині прольоту балок від постійного навантаження з урахуванням збільшення товщини дорожнього одягу до 32 см та реальної конструкції тротуарів. В результаті було визначено граничну несучу здатність крайньої та середніх балок для сприйняття тимчасового навантаження. Зважаючи на відсутність проектної та виконавчої документації значення повного граничного моменту $[M_{gr}]$, яке можуть витримати головні балки, армовані за ТП 122-62, прийнято за ВСН 32-89 [4]. З урахуванням фактичного стану бетону конструкцій прийнято понижуючий коефіцієнт 0,9.

З метою аналізу результатів в таблиці 1 виділені жирним чорним кольором зусилля, які перевищують граничні значення. До них віднесені навіть проектні навантаження.

Якщо б середня товщина дорожнього одягу не перевищувала проектну (15 см), діапазон тимчасових навантажень, дозволених для проїзду, збільшився би і ризик руйнувань прогонів від перенавантажень був би меншим. Результати відповідного розрахунку показані у таблиці 1 червоним кольором та позначкою (*).

Позначка (*) в таблицях означає, що після зняття зайвих шарів покриття тимчасове рухоме навантаження, яке було заборонено, зможе бути пропущено по споруді.

Були також розглянуті згинальні моменти, що виникають в опорних та проміжних діафрагмах шляхопроводу від тимчасових навантажень.

Зусилля у розрахункових перерізах діафрагм не перевищують граничних допустимих значень для розглянутих навантажень.

Висновки

Результати досліджень несучої здатності головних балок реального шляхопроводу з дефектом у вигляді підвищеної товщини дорожнього одягу показали, що:

1. Несуча здатність прогонових будов на сприйняття тимчасових рухомих навантажень суттєво зменшується внаслідок зайвого постійного навантаження у вигляді додаткових шарів дорожнього одягу (в розглянутому прикладі реальної споруди 32 см замість 15 см);
2. Усунення дефекту зайвої товщини дорожнього одягу при наявності сучасних технологій та матеріалів не є складним, але дозволяє зробити безпечнішим рух на подібних спорудах.
3. Якщо на проїзній частині мостових споруд є збільшена товщина дорожнього одягу і до того ж з'являються нерівності, вибоїни, то загроза для конструкцій буде різко збільшена за рахунок динамічного впливу.

Література:

- 1 Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. выпуск 122-62 (переработан в соответствии с СН-200-62). Пролётные строения железобетонные сборные с натяжением арматуры до бетонирования. «Союздорпроект», 1962г. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293775/4293775469.pdf>
2. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (СН 200-62). <http://gostrf.com/normadata/1/4293846/4293846012.pdf>
3. Козлов А.В. Расчет мостовых конструкций с использованием ПК ЛИРА-САПР для начинающих пользователей. Учебное пособие / Козлов А.В. – Воронеж, 2017.–209с.
4. ВСН 32-89. Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов. <https://meganorm.ru/Data2/1/4294851/4294851181.htm#i1415026>