

УДК 624

Безбабічева О.І., канд. техн. наук, Віхров Є.О.

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КОНСОЛЬНИХ ТРОТУАРІВ МОНОЛІТНОГО МОСТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПК «ЛІРА»

Анотація. У статті проаналізовано основні дефекти старих балково-консольних монолітних мостів. Досліджується комп'ютерна модель у програмі «ЛІРА» для визначення напружено-деформованого стану тротуарів монолітних мостів. Запропоновані шляхи підвищення залишкового ресурсу таких мостів.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, монолітні мости, тротуари, тріщини, напружений стан, залишковий ресурс.

Аннотация. В статье проанализированы основные дефекты старых балочно-консольных монолитных мостов. Исследуется компьютерная модель в программе «ЛИРА» для исследования напряженно-деформированного состояния тротуаров монолитных мостов. Предложены пути увеличения остаточного ресурса таких мостов.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, монолитные мосты, тротуары, трещины, напряженное состояние, остаточный ресурс.

Annotation. The article analyzes the main defects of the old monolithic cantilever girder-bridges. The computer model of the monolithic sidewalks on the program "LIRA" to determine the stress-strain state monolithic sidewalk of bridges was been researched. Ways to improve the residual life of bridges are suggested.

Key words: computer modeling, monolithic bridges, sidewalks, cracks, stress, residual life.

З стрімким розвитком обчислювальної техніки комп'ютерне моделювання займає дедалі більше значення у багатьох напрямках інженерної та наукової діяльності. Воно потребує не тільки відповідного програмного забезпечення, а й нових підходів та алгоритмів, що призводять до спрощення розрахунків та зменшення витрати часу на проектування споруд. Використання сучасних програмних комплексів в дослідженнях напруженого стану елементів інженерних споруд відкриває нові можливості як для проектувальників споруд, так і для фахівців, що виконують оцінювання технічного стану цих споруд під час експлуатації.

На автомобільних шляхах України та країн СНГ існують монолітні залізобетонні мости, які були побудовані у 1946-1960 р., зокрема, балково-консольні з підвісними прогонами за Технічними умовами Гушосдору НКВД СРСР на проектування штучних споруд на автомобільних дорогах (вид. 1943 р.). Десятки мостів були виконані за типовим проектом розробки «Союздорпроекту» від 1947 р. «Сборник типовых проектов железобетонных и каменных искусственных сооружений, вып. 6. Железобетонные балочно-консольные пролетные строения. Пролеты 12, 16, 20, 25 и 30 м. Нагрузки: Н-10 и НГ-60». Ресурс таких споруд у відповідності до діючих норм, практично вичерпаний. Однак, запаси міцності, що закладені в несучі елементи, капітальність прогонів та опор, а також досвід реконструкції (відновлення) подібних споруд із застосуванням сучасних матеріалів та технологій на території СНГ дозволяють сподіватись на подовження терміну служби цих унікальних мостів.

Мости подібних конструктивних рішень в Харківській області та на території України неодноразово обстежувались фахівцями ГНДЛ кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ХНАДУ. До найбільш значущих дефектів, що впливають та несучу здатність і безпеку руху автомобілів та пішоходів, відносяться руйнування вузлів спирання підвісних частин прогонів на опірні столики, руйнування ділянок консольних тротуарів. В 2011 р. виконувалось обстеження монолітного ребристого трьох прогонового залізобетонного мосту, що знаходиться у комунальній власності Харкова і розташований на трасі Київ – Харків. Міст балково-консольної схеми з

підвісною ділянкою в середньому прогоні. Схема мосту: 8+22,2+33+22,2+8 м. Габарит проїжджої частини – 11,7 м., тротуари – 1,46 и 1,50 м (рис. 1).

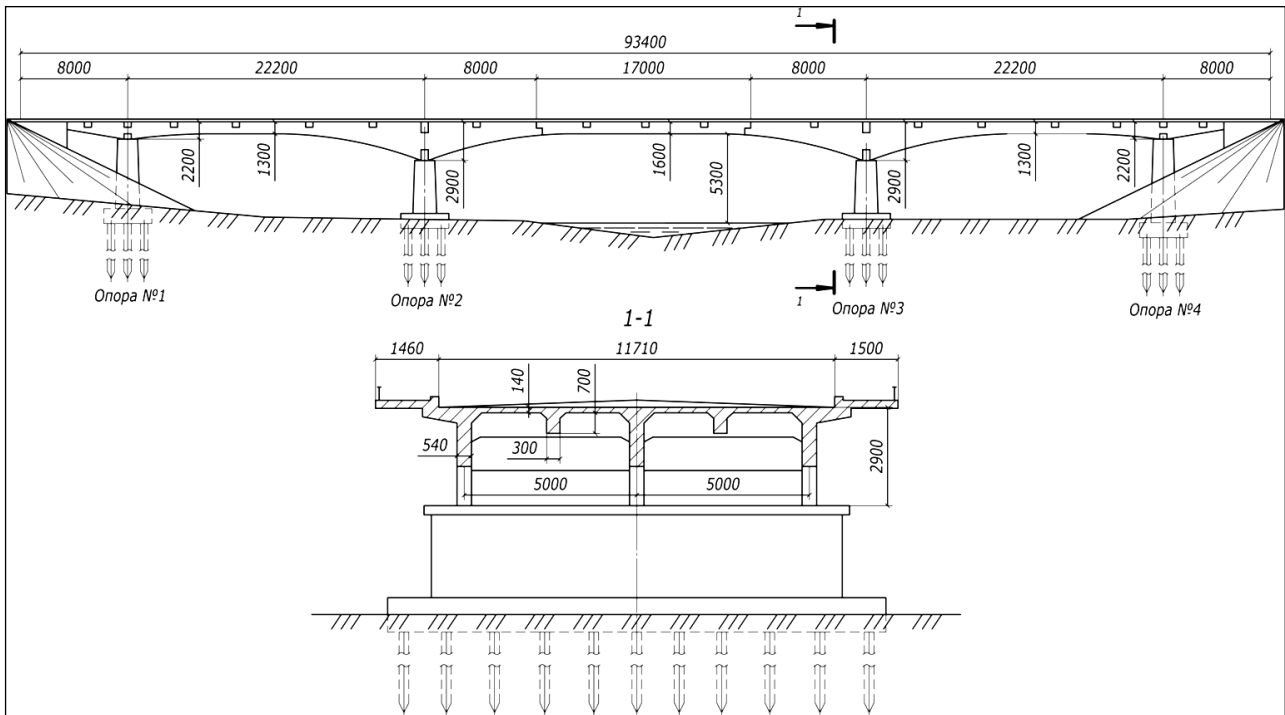


Рисунок 1 – Схема мосту через р. Уди на трасі Київ – Харків по вул. Полтавський шлях

Інтенсивність руху по споруді за даними обстежень – до 1200 автомобілів за годину. Проект мосту через р. Уди був розроблений у 1952 р., рік побудови також 1952. Слід відмітити, що ширина тротуарів за типовим проектом дорівнює 0,75 м. На мосту фактична ширина консольних тротуарів в 2 рази більше, тому що він є міським. На даній споруді були виявлені наскрізні тріщини, з розкриттям до 20 мм, в зонах тротуарних консолей з низової та верхових сторін за всією довжиною мосту. Окремі тріщини перетинають консольну частину плит і наближуються до ребер головних балок. Поблизу тріщин виявлені: ділянки зволоженого бетону, сталактити, сліди вилуговування, відшарування бетону, корозія арматури. Достовірну причину появи таких тріщин встановлювати складно, особливо при відсутності проектної та виконавчої документації. З 1952 р. було лише два обстеження мосту: у 1989 та 2002 р., даних про пересування понаднормативних навантажень по мостовій споруді не виявлено. При обстеженнях 1989 р. саме таких тріщин ще не було виявлено. При обстеженні 2011 р. відмічено, що

можливим є як температурний, так і силовий характер тріщин. Після появи первісних температурних (або силових) тріщин, неминучим стає їх інтенсивний розвиток і розкриття внаслідок порушень ухилів, водовідводу з проїзної частини та тротуарів, руйнування гідроізоляції, сумісної дії води, льоду, солей та температурних перепадів. Крім того, поява таких тріщин та руйнувань є наслідком недоліків конструкції монолітних тротуарів такого типу. В монолітних мостах при бетонуванні тротуарів разом з плитою проїзної частини робоча арматура плити тротуару і плити проїзної частини розташовані у різних рівнях. Вертикальні сітки арматури, що їх поєднують, не створюють жорстких вузлів, і тому у кореня тротуарних консолей розташовані пластичні шарніри. При невеликому постійному та тимчасовому навантаженні мости з таким дефектом нормально експлуатуються, але є випадки обвалення таких тротуарів [1]. Детальні обстеження зони тротуарів показали, що існує ухил назовні стійок перильної огорожі, що може бути ознакою нахилу тротуару. За даними вимірів міцність бетону плити тротуарів берегової консолі 14,5 МПа (В 28), в зонах тріщин: 9-10,5 МПа (В18-В20). Виконано розрахунок плити з урахуванням фактичної міцності бетону та встановлено, що монолітні тротуарні консолі, які складають єдине ціле з консольними частинами плит крайніх балок прогонової будови моста, є найбільш слабким елементом даної споруди і відносяться до експлуатаційного стану 5 – не працездатний. Крім того, ремонт цих елементів з моменту будівництва не виконувався, і їх ресурс вироблений. Збільшити ресурс мосту в цілому можливо, якщо виконати роботи з ремонту (заміни) консолей і усунути дефекти і пошкодження, що внесені до відомості дефектів.

Для оцінки умов роботи та вивчення напружено-деформованого стану тротуарних консолей, руйнація яких є головним чинником зниження залишкового ресурсу мосту, було вирішено створити комп'ютерну модель з використанням пакету "ЛІРА". Обґрунтовано, що можливо буде надалі використовувати таку модель для проведення віртуальних експериментів по завантаженню аналогічних конструкцій різними видами навантаження.

На рисунку 2 зображено фрагмент перетину прогонової будови з застосуванням 3D-моделювання.

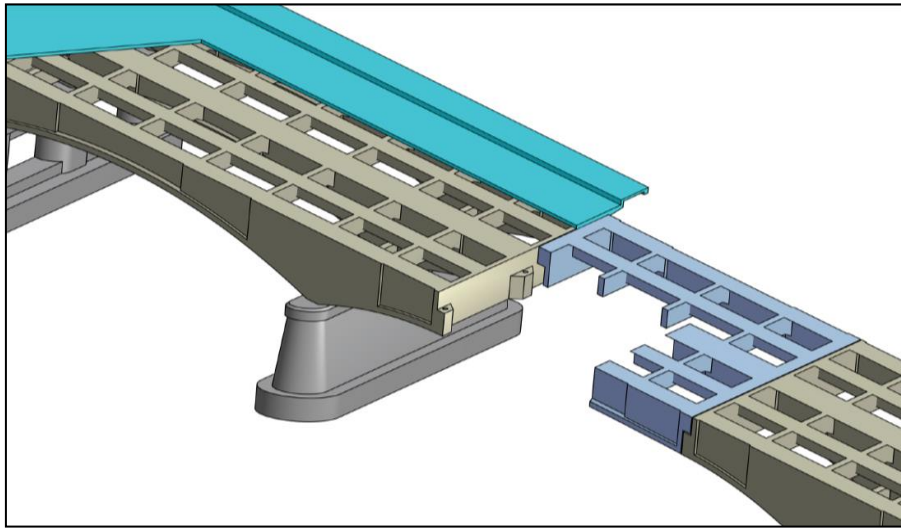


Рисунок 2 – Фрагмент перетину прогонової будови (3D-моделювання)

У програмі "ЛІРА" створено модель прогону та підвіски (з використанням розмірів конструкції моста, що наведені на рис.1, 3), яка наближено імітує роботу тротуарних консолей та плити прольотної будови. При цьому плита задається у вигляді пластин, що опираються на стержні, що відтворюють поздовжні та поперечні балки і працюють з ними як суцільне тіло (рис. 4, 5).

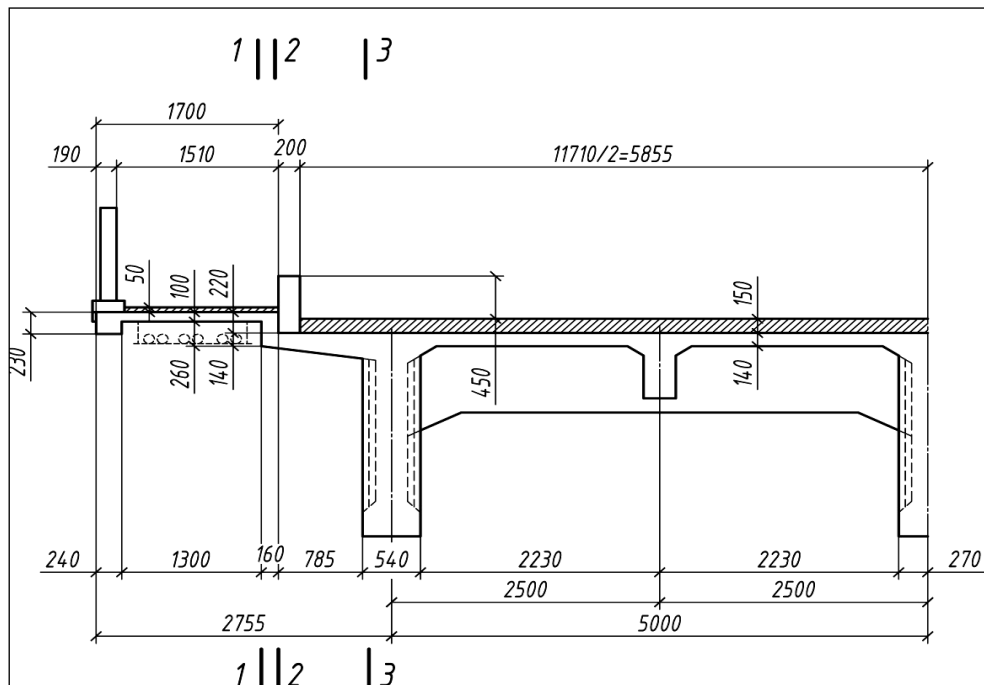


Рисунок 3 – Схема поперечного перерізу та консольного тротуару мосту

Згідно з нормами були використані дві моделі завантаження: модель 1, яка моделює навантаження від рухомого складу за схемою А-15 та Н-10;

модель 2 – за схемою одиничного колісного навантаження НК-100 та НГ-60. Тимчасове навантаження на тротуари мостів прийняте, як вертикальне рівномірно розподілене, при розрахунках з урахуванням інших рухомих навантажень (схем Н-10 та А-15) за відповідними нормативами. $P_{тр1} = 200 \text{ кгс/м}^2$ та $P_{тр2} = 300 \text{ кгс/м}^2$. На рис. 6 показані вибіркові мозаїки зусиль з проведеного за допомогою програми «ЛПРА» розрахунку.

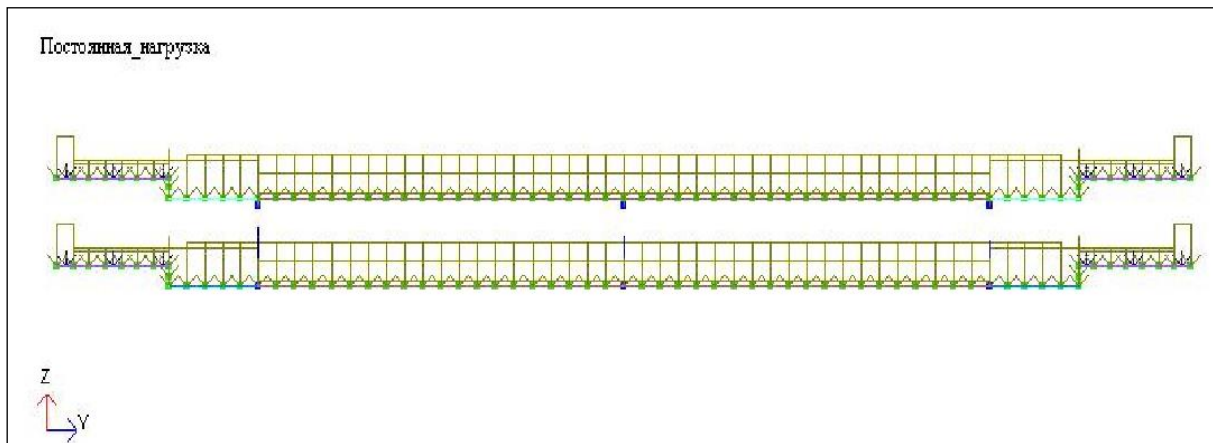


Рисунок 4 – Поперечний переріз моделі прогону та підвіски

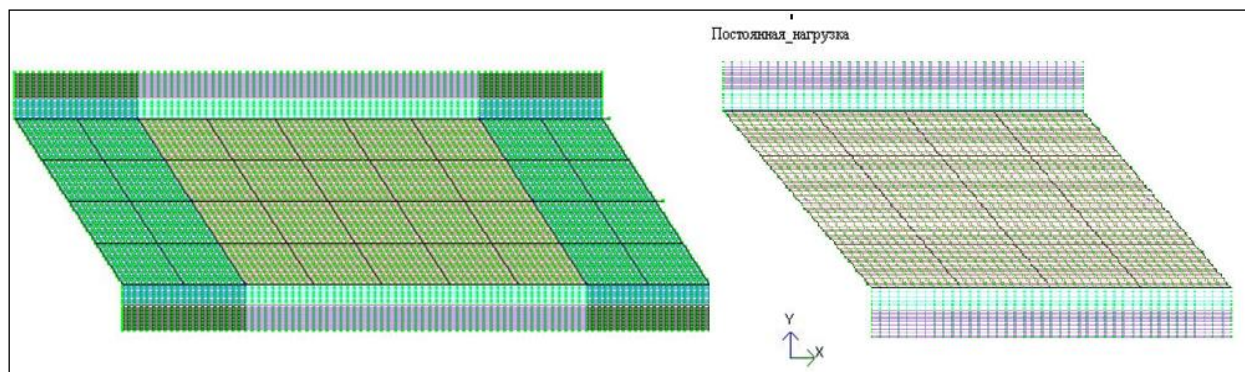


Рисунок 5 – План моделі прогону та підвіски

В табл. 1 наведені результати визначення згинальних моментів у тротуарних консолях мосту.

Результати розрахунків свідчать, що данні сучасні завантаження є несприятливими. Особливо, якщо враховувати знижену міцність бетону та корозію арматури цих ділянок. Аналіз результатів розрахунку перетинів тротуарних консолей також показав, що при завантаженні тротуарів натовпом в розрахункових перетинах можливі перенапруження. Для перевірки адекватності створеної моделі для дослідження роботи монолітних консольних тротуарів були виконані контрольні розрахунки зусиль в окремих точках моделі

за допомогою програми Mathcad. Результати порівняльного розрахунку значень, отриманих за двома програмами, наведені в табл. 2.

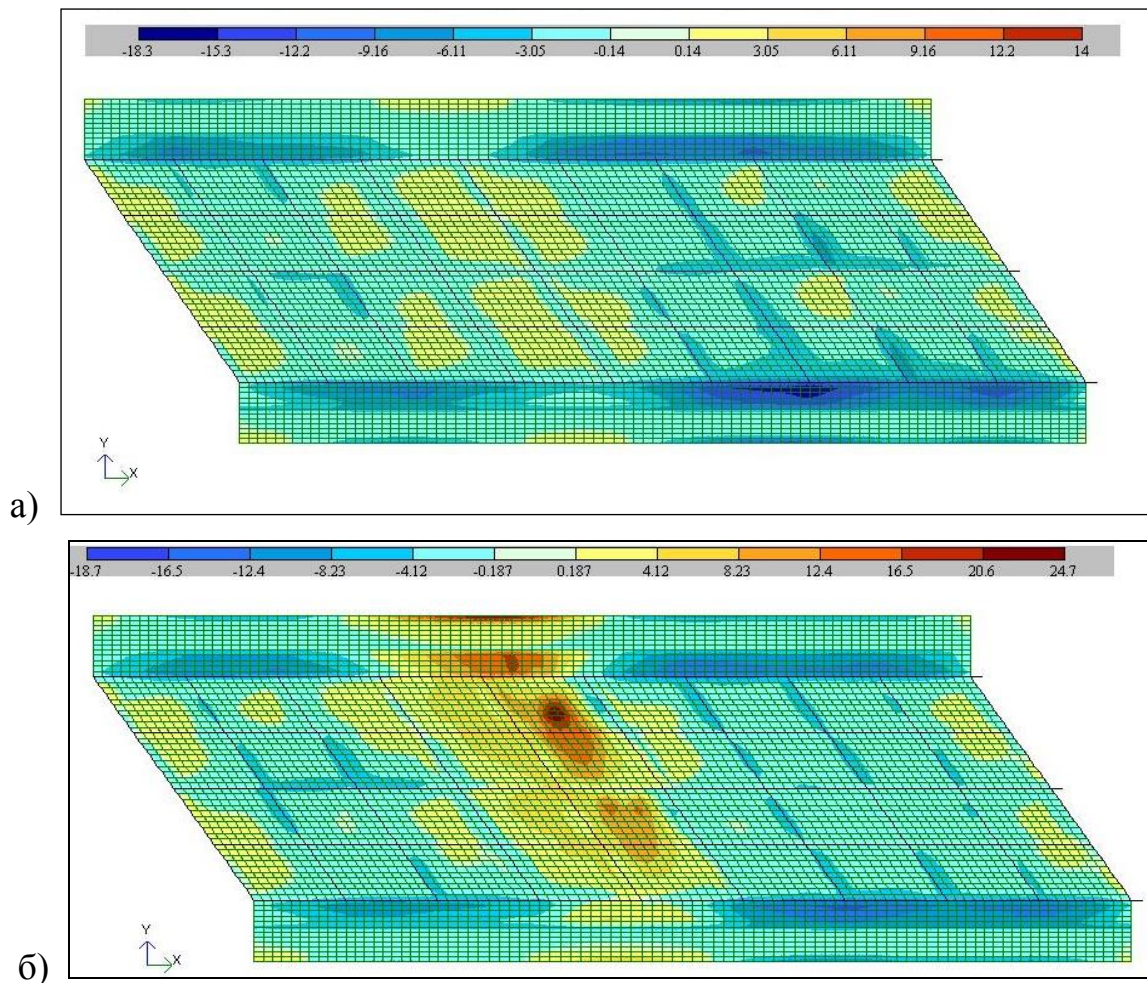


Рисунок 6 – Мозаїка напружень M_x , кНм/м: а) від власної ваги №1; б) від власної ваги №1, натовпу $P_{тр}$ та колісного навантаження А-15

Таблиця 1 – Результати визначення згинальних моментів у тротуарних консолях мосту

Напрямок дії згинального моменту	Розрахунковий перетин	Згинальні моменти у розрахункових перетинах тротуарної консолі, кНм/м						
		Проектне навантаження				Сучасне навантаження		
		постійне	тимчасове (натовп + Н-10)	тимчасове (НГ-60)	граничне	постійне	тимчасове (натовп + А-15)	тимчасове (НК-100)
M_y	1-1	-7,22	-7,51	-7,29	-31,5	-8,6	-10,7	-8,75
	2-2	-15,6	-17,6	-17,1		-16,3	-22	-18,9
	3-3	-31,4	-31,5	-31		-36	-42,5	-41,3
M_x	Оп. 1	-11,4	-13	-10,6	-19,9; +16,6	-12,6	-13,8	-12,3
	Середина прогону	+2,71	+6,5	+16,6		+3,12	+24	+26,2
	Оп. 2	-17,3	-19,9	-16,9		-18,3	-18,7	-17,8

Таблиця 2 – Результати порівняльних розрахунків згинальних моментів M_y

Програма для розрахунку	Напрямок дії згинального моменту	Розрахунковий перетин	Згинальні моменти у розрахункових перетинах тротуарної консолі, кНм/м					
			Проектне навантаження			Сучасне навантаження		
			постійне	тимчасове (наговл + Н-10)	тимчасове (НГ-60)	постійне	тимчасове (наговл + А-15)	тимчасове (НК-100)
Ліра	M_y	1-1	-7,22	-7,51	-7,29	-8,6	-10,7	-8,75
		2-2	-15,6	-17,6	-17,1	-16,3	-22	-18,9
		3-3	-31,4	-31,5	-31	-36	-42,5	-41,3
Mathcad	M_y	1-1	-7,5	-9,4	-7,5	-8,69	-12,1	-8,69
		2-2	-14,75	-15,8	-14,75	-15,9	-21,2	-15,9
		3-3	-30,32	-29,63	-28,2	-34,2	-40,7	-38,1

Дані порівняльних розрахунків показали, що модель, створена в ПК «ЛІРА», може бути застосована для проведення подальших розрахунків напружено-деформованого стану консольних тротуарів монолітних мостів.

Висновки

1. Запропоновані у роботі підходи та алгоритми побудови комп'ютерної моделі у пакеті "ЛІРА" відповідають сформульованим на початку роботи вимогам, модель є адекватною.

2. Отримані за розрахунками дані дозволяють стверджувати, що тротуарні консолі працюють з перевантаженням.

3. Необхідно взяти своєчасних ремонтних та експлуатаційних заходів, для запобігання аварійного обвалення тротуарів; такі заходи водночас підвищать залишковий ресурс споруди.

4. Розглянутий міст має особливу конструкцію тротуарів, які потребують спеціальних заходів при експлуатації та виконанні ремонтних робіт.

5. Отримана модель моста дозволяє використовувати її в розрахунках при проектуванні, будівництві або реконструкції подібних мостів.

Література

1. Рузов А.М. Эксплуатация мостового парка – М.: Академия, 2007. – 175 с.