

М.М. Величко, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗЕРВІВ МІЦНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ МОСТІВ, ПОБУДОВАНИХ ЗА ТИПОВИМИ ПРОЕКТАМИ ЗА ОСТАННІ П'ЯТДЕСЯТ РОКІВ

Фундаменти існуючих мостів малих прольотів, запроектованих в минулому столітті за типовими проектами під застаріле навантаження, мають запаси міцності, закладені методом граничних станів. Запропоновано використовувати ці запаси, а для їх оцінки використати методи теорії надійності.

Предметом дослідження є надійність фундаментів існуючих залізобетонних мостів невеликих прольотів, що побудовані за типовими проектами за останні 50 років. Ці мости були запроектовані під навантаження від автомобільного транспорту в відповідності з застарілими нормативними документами СН 200 – 62 [1] та СНиП 2.05.03-84 [2].

Для виявлення запасів міцності фундаментів і оцінки їх можливості пропускати нове збільшене навантаження було виконано розрахунки цих мостів з прогновими будовами, які побудовані за найбільш поширеним, типовими проектами: Випуск 122-62, ВТП-16, ВТП-21, Випуск 384/43. (Див. табл. 1.).

Табл. 1.

Зростання навантаження на опори і фундаменти мостів з прольотами, запроектованими за типовими проектами.

Типовий проект	Довжина прогнаної будови, м	Тимчасове навантаження від автотранспорту, M_p , т		Σ Тимчасове навантаження від транспорту та нагону на тротуарах, т		Ріст тимчасового навантаження на опору, α_1 , %	Ріст сумарного навантаження на фундамент з врахуванням ваги прогону, α , %
		Н-30 СН 200-62	А-15 ДБН В.1.2.-15:2009	Н-30 СН 200-62	А-15 ДБН В.1.2.-15:2009		
Випуск 122-62	11,36	107,35	148,54	126,43	164,90	37	16,81
	14,06	90,70	159,77	114,32	180,02	65	20,23
	16,76	99,11	171,01	127,27	195,14	61	18,58
	22,16	131,00	193,49	168,23	225,40	41	14,03
ВТП-16	11,36	107,35	148,54	126,43	164,90	37	17,00
	16,76	99,11	171,01	127,27	195,14	61	19,25
ВТП-21	6	87,44	113,57	97,52	122,21	32	17,90
	12	107,35	151,2	127,51	168,48	39	16,59
	18	106,45	176,18	136,69	202,10	55	17,47
Випуск 384/43	6	87,44	113,57	97,52	122,21	32	15,89
	9	97,90	130,11	113,02	143,07	33	15,29
	12	107,35	151,2	127,51	168,48	39	15,06
	15	92,74	163,69	117,94	185,29	65	19,27
	18	106,45	176,18	136,69	202,10	55	16,03

М.М. Величко, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗЕРВІВ МІЦНОСТІ ФУНДАМЕНТІВ МОСТІВ, ПОБУДОВАНИХ ЗА ТИПОВИМИ ПРОЕКТАМИ ЗА ОСТАННІ П'ЯТДЕСЯТ РОКІВ

Фундаменти існуючих мостів малих прольотів, запроектованих в минулому столітті за типовими проектами під застаріле навантаження, мають запаси міцності, закладені методом граничних станів. Запропоновано використовувати ці запаси, а для їх оцінки використати методи теорії надійності.

Предметом дослідження є надійність фундаментів існуючих залізобетонних мостів невеликих прольотів, що побудовані за типовими проектами за останні 50 років. Ці мости були запроектовані під навантаження від автомобільного транспорту в відповідності з застарілими нормативними документами СН 200 – 62 [1] та СНиП 2.05.03-84 [2].

Для виявлення запасів міцності фундаментів і оцінки їх можливості пропускати нове збільшене навантаження було виконано розрахунки цих мостів з прогоновими будовами, які побудовані за найбільш поширеним, типовими проектами: Випуск 122-62, ВТП-16, ВТП-21, Випуск 384/43. (Див. табл. 1.).

Табл. 1.

Зростання навантаження на опори і фундаменти мостів з прольотами, запроектованими за типовими проектами.

Типовий проект	Довжина прогонової будови, м	Тимчасове навантаження від автотранспорту, M_p , т		Σ Тимчасове навантаження від транспорту та наговпу на тротуарах, т		Ріст тимчасового навантаження на опору, α_1 , %	Ріст сумарного навантаження на фундамент з врахуванням ваги прогону, α , %
		Н-30 СН 200-62	А-15 ДБН В.1.2.-15:2009	Н-30 СН 200-62	А-15 ДБН В.1.2.-15:2009		
Випуск 122-62	11,36	107,35	148,54	126,43	164,90	37	16,81
	14,06	90,70	159,77	114,32	180,02	65	20,23
	16,76	99,11	171,01	127,27	195,14	61	18,58
	22,16	131,00	193,49	168,23	225,40	41	14,03
ВТП-16	11,36	107,35	148,54	126,43	164,90	37	17,00
	16,76	99,11	171,01	127,27	195,14	61	19,25
ВТП-21	6	87,44	113,57	97,52	122,21	32	17,90
	12	107,35	151,2	127,51	168,48	39	16,59
	18	106,45	176,18	136,69	202,10	55	17,47
Випуск 384/43	6	87,44	113,57	97,52	122,21	32	15,89
	9	97,90	130,11	113,02	143,07	33	15,29
	12	107,35	151,2	127,51	168,48	39	15,06
	15	92,74	163,69	117,94	185,29	65	19,27
	18	106,45	176,18	136,69	202,10	55	16,03

З розрахунків видно, що навантаження від рухомого складу (відповідно до ДБН В.1.2.-15: 2009) на прогонову будову збільшилось на 32-65% для мостів, побудованих згідно з СН 200 - 62 та 45-61 % для мостів, побудованих згідно зі СНиП 2.05.03-84. Однак, збільшення загальних навантажень на фундаменти мостів значно нижче, оскільки на фундаменти діє постійне навантаження від ваги прогонових будов і ваги опор. Присутній ефект «згладжування» дії тимчасового навантаження на фундамент. Тому навантаження на фундаменти відповідно до ДБН В.1.2.-15: 2009 [3] збільшилось на 14-20% (для мостів, запроєктованих згідно з СН 200 - 62) і 17-24% (для мостів, запроєктованих згідно зі СНиП 2.05. 03-84).

В задачі, що розглядається «визначальним розрахунком» є розрахунок несучої здатності фундаменту по ґрунту, оскільки в більшості випадків запаси міцності за матеріалом фундаменту значні. Горизонтальне навантаження від гальмування за новими нормами менше застарілого відповідно до СН 200 - 62.

Зрозуміло, що можуть виникати ситуації, коли для палі великої довжини в слабких ґрунтах визначальним буде розрахунок міцності за матеріалом. Проте, для більшості фундаментів мостів, які розглядаються, визначальним буде розрахунок міцності по ґрунту.

Зауважимо, що в нових нормах збільшене і одиночне навантаження: від НК-80 перейшли до НК-100. Проте це навантаження для фундаментів не є визначальним.

Для оцінки резервів міцності існуючих фундаментів використано методи теорії надійності конструкцій, зокрема, моделі О. Р. Ржаніцина [4].

О. Р. Ржаніцин запропонував оцінити надійність конструкцій за допомогою «характеристики безпеки», згідно з чинними нормами ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 [5], вона позначається – β .

$$\beta = \frac{\xi - 1}{\sqrt{A_Q^2 + \xi^2 \cdot A_R^2}} \quad (1)$$

Визначивши характеристику безпеки β , за таблицями функції Лапласа можна перейти до ймовірності безвідмовної роботи конструкції P .

Вираз (1) дозволяє оцінити надійність, використовуючи узагальнені характеристики ξ , A_R , A_Q , не вдаючись у подробиці, властиві кожній конструкції. Адже поставлена задача з виявлення запасів міцності фундаментів має значні елементи невизначеності. Як правило, відсутня інформація про ґрунти основ, типи і розміри фундаментів. Різна технічна культура проектних, будівельних, експлуатаційних організацій. Розглядаються мости різних прольотів, побудовані в різних регіонах за різними типовими проектами у різних інженерно-геологічних умовах.

Фундаменти з висячими палями найменш визначені, і тому їх оцінка є для даної задачі визначальною.

Оскільки для великого масиву фундаментів мостів, що розглядалися, інженерно-геологічні умови різні, ми змінювали значеннями ξ , A_R , A_Q в деяких розумних, типових для умов України межах.

Крім того, застосовано ще один прийом для пом'якшення невизначеності, що властива даній ймовірнісній задачі. За основу рішення про величину резервів міцності фундаментів прийнято не значення показника надійності P , а зіставлення різниці значень P для фундаменту при дії старого і нового навантажень.

Еталонна надійність несучої здатності палі по ґрунту при $\xi = 1,64$; $A_Q = 0,05$; $A_R = 0,08$ дорівнює:

$$\beta = \frac{1,64 - 1}{\sqrt{0,05^2 + 1,64^2 \cdot 0,08^2}} = 4,558257, \quad P = 0,99997$$

Тобто, це оцінка надійності фундаменту, запроєктованого згідно з СН 200 - 62, на який діє навантаження, що визначене за цими ж нормами. Оцінимо надійність цього ж

фундаменту за умови, що діє сучасне збільшене навантаження (ріст навантаження на фундамент до 20%).

$$\text{Тоді } \xi^H = \frac{\xi}{\alpha}; \xi^H = \frac{1,64}{1,20} = 1,37.$$

Табл.2

Зведена таблиця розрахунку характеристики безпеки та оцінки надійності фундаментів при max% зростанні навантаження на фундамент в залежності від типового проекту і довжини прогонової будови. (Канонічний випадок).

Норми і навантаження	Типовий проект	Довжина прол., м	A_Q	A_R	α	ξ^H	β	P
Н-30 (СН 200-62) і А-15 (ДБН В.1.2.-15:2009) max %	Випуск 122-62	14,06	0,05	0,08	1,20	1,37	3,071395	0,998806
	ВТП-16	16,76	0,05	0,08	1,19	1,38	2,061496	0,9802572
	Вип. 384/43	15	0,05	0,08	1,19	1,38	2,061496	0,9802572
	ВТП-21	6	0,05	0,08	1,18	1,39	2,108618	0,982481
Еталонна надійність			0,05	0,08		1,64	4,558257	0,999997

Значення A_Q , A_R в залежності від конкретних умов мостового переходу (різні ґрунти) можуть коливатися в той чи інший бік.

При більшій різноманітності випадкових чинників: $A_Q = 0,06$; $A_R = 0,10$; $\xi = 1,64$, еталонний рівень надійності буде дорівнювати:

$$\beta = \frac{1,64-1}{\sqrt{0,06^2 + 1,64^2 \cdot 0,10^2}} = 3,66487 \quad P = 0,999856.$$

Табл.3

Зведена таблиця розрахунку характеристики безпеки та оцінки надійності фундаментів при max% зростанні навантаження на фундамент в залежності від типового проекту і довгі прогонової будови. (При іншій мінливості випадкових факторів).

Норми і навантаження	Типовий проект	Довжина прол., м	A_Q	A_R	α	ξ^H	β	P
Н-30 (СН 200-62) и А-15 (ДБН В.1.2.-15:2009) max %	Випуск 122-62	14,06	0,06	0,1	1,20	1,37	2,456606	0,9929265
	ВТП-16	16,76	0,05	0,08	1,19	1,38	2,515814	0,994035
	Вип. 384/43	15	0,05	0,08	1,19	1,38	2,515814	0,994035
	ВТП-21	6	0,05	0,08	1,18	1,39	2,575157	0,994955
Еталонна надійність			0,06	0,1		1,64	3,66487	0,9998336

Інтерпретація отриманих оцінок надійності фундаментів.

Випадкові фактори в задачі, що розглядається - це фізико-механічні характеристики ґрунтів основи та діючі навантаження. Вони характерні для конкретного моста. Припустимо, що надійність фундаментів моста, запроектованого згідно з СН 200-62, становить 0,99984 - 0,9999. При дії нового навантаження (згідно з ДБН В.1.2.-15: 2009) оцінка надійності стала 0,9768. Це означає, що з тисячі аналогічних мостів тільки приблизно для двох навантаження Н-30 за СН 200-62 було б надмірним, а при дії сучасного навантаження А-15 за ДБН В.1.2.-15: 2009 таких мостів з тисячі вже стало б 23 - 36 шт.

Ми навмисно показуємо різні оцінки надійності фундаментів. Такі оцінки можуть мати місце серед мостів, що розглядаються. Важливо, що діапазон змін надійності при переході від застарілого навантаження до навантаження сучасного не такий великий.

Прийнято до уваги процеси, що відбуваються з фундаментами існуючих мостів за час їх експлуатації.

Позитивним є процес ущільнення ґрунтів основи фундаментів від навантаженням і підвищення, у зв'язку з цим несучої здатності фундаментів по ґрунту.

До негативних належать такі явища, які можуть виникати протягом життя моста: частковий розмив ґрунтів основ, підмив палі, руйнування опор та фундаментів з різних причин (наїзд транспорту, помилки проектувальників, будівельні дефекти).

Зазначені вище дефекти повинні бути виявлені в процесі планової експлуатації мосту.

Може мати місце зворотне тертя, коли верхня частина ґрунтів основ дає значну осадку і при цьому додатково завантажує палі.

Вважаємо, що позитивні процеси в більшості випадків превалюють.

Висновки.

1. Тимчасове рухоме навантаження на прогонову будову збільшилось на 32-65%, загальне навантаження на фундаменти збільшилось на 14-24%, тому що значна частина навантаження – постійне, залишилось таким же.

2. Наведені оцінки показують, що більшість фундаментів мостів, розглядаються не вимагають підсилення лише на тій підставі, що збільшилася тимчасове рухоме навантаження. Однак, ті ж оцінки показали, що існує невелика кількість мостів, близько 3-5%, надійність і запаси міцності фундаментів яких не достатні для пропуску по них нових збільшених навантажень. Підкреслимо, що отримані висновки не мають відношення до мостів з явними дефектами, які виникли як наслідок впливу таких факторів, як помилки при проектуванні, дефекти при будівництві, розмив ґрунтів основ, наїзд транспорту, незадовільна експлуатація. Ці мости потребують ремонту, відновлення або посилення відповідно до вимог нормативних документів.

Список літератури

1. СН 200-63. Технические условия проектирования мостов и труб. М., 1962.
2. СНиП 2.05.03-84. Строительные нормы и правила. Мосты и трубы. М., 1985
3. ДБН В.1.2-5.2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. Київ, 2009.
4. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М., 1978.
5. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Київ, 2009.