УДК 624.21.03

© А. В. Матвеев, д-р техн. наук, профессор

© И. В. Петров, д-р техн. наук

(Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва)

E-mail: Matfveev@mail.ru, K.V.Petrov@mail.ru

© А. В. Квитко, канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

E-mail: kafedra-ad@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-138-142

© А. В. Matveev, Dr. Sci. Tech., Professor

© I. V. Petrov, Dr. Sci. Tech.

(Military Academy of Material and Technical Supply named after General of the Army A. V. Khrulev)

E-mail: Matfveev@mail.ru, K.V.Petrov@mail.ru

© А. В. Kvitko, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: kafedra-ad@yandex.ru

ОЦЕНКА ПО ТЕОРИИ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ МОСТОВОГО ИМУЩЕСТВА МЛЖ-ВФ-ВТ И ИМЖ-500

ASSESSMENT BASED ON THE THEORY OF ENGINEERING FORECASTING OF NEW MODELS OF BRIDGE ASSETS MLZH-VF-VT AND IMZH-500

Описана методика, оценивающая перспективность новых образцов мостового имущества. Оценка осуществляется по критерию технического уровня, который характеризует новую разработку по отношению к прототипу.

Ключевые слова: наплавной железнодорожный мост, рамно-эстакадный мост, временный мост, критерий технического уровня.

The article describes a technique that evaluates the prospects of new models of bridge assets. The evaluation is carried out according to the criterion of the technical level, which characterizes the new development in relation to the prototype.

Keywords: floating bridge, ramp-overpass bridge, temporary bridge, technical level criterion.

Анализ научно-исследовательских работ и публикаций последних лет показал, что увеличение темпов восстановления мостов в современных условиях может быть достигнуто, в первую очередь, за счет максимального использования инвентарного мостового имущества.

Военно-техническим требованиям по краткосрочному восстановлению мостов наилучшим образом отвечают наплавные мосты и металлические эстакады. В настоящее время на вооружении железнодорожных войск состоят:

- наплавной железнодорожный мост НЖМ-56 (Наплавной железнодорожный мост НЖМ-56. М.: Воениздат, 1977);

- рамно-эстакадный мост РЭМ-500 (Металлическая эстакада РЭМ-500. М.: Воениздат, 1976).

Следует отметить, что инвентарное имущество наплавного моста НЖМ-56 было создано еще в 1950-е годы. На сегодняшний день имуще-

ство хранится в основном на базах МПС России и железнодорожных войск.

Однако накопленное имущество НЖМ-56 имеет ряд недостатков. К наиболее значимым относятся:

- несоответствие существующим требованиям по классу поездной нагрузки по схеме ВТ (26,45 тс/ось) и даже по схеме В (23 тс/ось), а также требованиям по скоростям движения поездов (50 км/ч);

- болтовые соединения в жестких стыках пролетных строений достаточно трудоемки при сборке;

- рельсы Р-43 не рассчитаны для пропуска тяжелых нагрузок;

- деревянные конструкции автопоезда допускают незначительный срок их хранения;

- отсутствие инвентарных конструкций для сопряжения автопоезда с берегом.

В процессе создания наплавных мостов нового поколения в 2001 году разработан новый модульный комплект — наплавной железнодорожный мост-лента МЛЖ-ВФ-ВТ, который выдерживает все виды имеющихся и проектируемых нагрузок. К настоящему времени мост прошел испытания и соответственно уже имеются показатели, которые могут быть сопоставлены с прототипом НЖМ-56. Поэтому представляется возможность выполнить оценку эффективности МЛЖ-ВФ-ВТ с позиции прогнозирования параметров моста, т. е. оценить его перспективность.

Состоящая на вооружении железнодорожных войск эстакада РЭМ-500 разработана в те же годы, что и НЖМ-56, и соответственно имеет такие же недостатки. Поэтому в период с 2009 по 2013 год в интересах войск выполнены опытно-конструкторские работы «Творец», результатом которых явилось изготовление и испытание новой конструкции эстакады — ИМЖ-500. Отдельные показатели новой эстакады приведены в работе [1].

Из теории инженерного прогнозирования выбран метод прогнозирования по обобщенным числовым параметрам [2]. Это вызвано тем, что известны параметры как прототипов — НЖМ-56, РЭМ-500, так и новых конструкций — МЛЖ-ВФ-ВТ, ИМЖ-500. Преобразование имеющейся информации осуществляется по критерию технического уровня K_1 . Данный критерий характеризует новую разработку по отношению к прототипу и определяется по формуле

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^S K_n \cdot \varphi(i)}{\sum_{i=1}^S \varphi(i)}, \quad (1)$$

где K_n — частные параметры, представляющие собой отношение числовых значений показателей новой разработки к числовым значениям показателей прототипа для рациональных категорий показателей (рост которых соответствует научно-техническому прогрессу) и обратное отношение для нерациональных категорий (рост которых не соответствует научно-техническому процессу); $\varphi(i)$ — функция, нормирующая вес параметров в ранжированной последовательности и определяемая по формуле

$$\varphi(i) = \frac{i}{2^{i-1}}. \quad (2)$$

Здесь i — номер показателя в ранжированной последовательности.

В соответствии с формулой (1) по критерию оценить объект можно следующим образом:

- при $K_1 > 1$ — объект в целом разработан выше уровня существующих образцов и, следовательно, с позиции прогнозирования перспективен;
- $K_1 = 1$ — объект разработан на уровне прототипа и не имеет существенных преимуществ при оценке перспективности его внедрения в производство;
- $K_1 < 1$ — объект разработан ниже уровня существующих образцов — неперспективен.

Для оценки по критерию теорией инженерного прогнозирования предлагается соответствующая аттестационная шкала (табл. 1) [2].

В табл. 2 представлены показатели сравнения прототипа — НЖМ-56 и нового наплавного моста — МЛЖ-ВФ-ВТ. Несмотря на то что теория инженерного прогнозирования рекомендует ранжировать показатели с помощью метода экспертного опроса, на данном этапе исследования установление последовательности авторами статьи представляется достаточным и обоснованным.

Таким же способом определен критерий технического уровня и для ИМЖ-500. Данные представлены в табл. 3.

Основываясь на данных табл. 2 и 3, возможно оценить разработку перспективных образцов мостового имущества и отнести к соответствующей категории с позиции теории инженерного прогнозирования:

Таблица 1

Аттестационная шкала для критерия технического уровня K_1 [2]

Объекты для сравнения	Численное значение критерия	Оценка объекта с позиций теории прогнозирования	Категория прогнозирования
Лучшие образцы (прототипы)	1,6 и более	Весьма перспективный	I
	1,40–1,59	Перспективный	II
	1,20–1,39	Малоперспективный	III
	1,19 и менее	Неперспективный	IV

Таблица 2

Оценка эффективности МЛЖ-ВФ-ВТ по критерию технического уровня K_1

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Числовые значения показателя		$\varphi(i)$	$K_n \varphi(i)$	K_1
			МЛЖ-ВФ-ВТ	НЖМ-56			
1	Временная нагрузка от подвижного состава на ось	тс/ось	26,45	20	1,0	1,32	1,47
2	Общая трудоемкость наводки моста	чел.-дн./м	2,6	2,0	1,0	0,77	
3	Численность личного состава для наводки речной части моста за сутки	чел.	54	171	0,75	2,38	
4	Максимальная длина моста	м	541,7	531,8	0,5	0,51	
5	Металлоемкость конструкций моста	т/пог. м	5,21	4,32	0,31	0,26	
6	Потребность вагонов для транспортировки	ед.	170	178	0,187	0,20	
7	Эксплуатация моста при колебаниях уровня воды	м	2,7	1,2	0,10	0,23	
$\Sigma =$					3,85	5,67	

Таблица 3

Оценка эффективности ИМЖ-500 по критерию технического уровня K_1

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Числовые значения показателя		$\varphi(i)$	$K_n \varphi(i)$	K_1
			ИМЖ-500	РЭМ-500			
1	Временная нагрузка от подвижного состава на ось	тс/ось	26,45	20	1,0	1,32	1,19
2	Длина эстакады	м	506,9	509,9	1,0	0,99	
3	Скорость движения подвижного состава	км/ч	50	30	0,75	1,25	
4	Расчетное сопротивление грунта основания	кгс/см ²	1,5	1,2	0,5	0,63	
5	Металлоемкость пролетного строения	кг	17 100	10 740	0,31	0,19	
6	Металлоемкость пойменной плоской опоры	кг	13 305	7103	0,187	0,10	
7	Максимальная высота эстакады	м	14,33	14,0	0,11	0,11	
$\Sigma =$					3,86	4,59	

• МЛЖ-ВФ-ВТ по сравнению с НЖМ-56 как перспективную II категории;

• ИМЖ-500 по сравнению с РЭМ-500 как неперспективную IV категории и нуждающуюся в дальнейшем совершенствовании и модернизации.

Библиографический список

1. Золотарев А. В., Смирнов В. В. Конструктивные особенности и область применения моста-эстакады ИМЖ-500 // Сб. мат.-лов конф. «Инновационные тех-

нологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре». СПб.: Вестник Академии МТО, 2014. С. 352–364.

2. Гмошинский В. Г., Гольдин Я. С. Основы инженерного прогнозирования на примере свайных фундаментов. М.: Стройиздат, 1972. 151 с.

3. Пономарев С. Г. Наплавные мосты и паромные переправы // Информационный сборник железнодорожных войск РФ. О науч.-практ. конф. железнодорожных войск РФ «Восстановление искусственных сооружений на железных дорогах и пути их решения». М.: Федеральное управление железнодорожных войск при МПС России, 1994. С. 128–138.

4. Савельев Д. В., Орехов В. П. и др. Испытание наплавного железнодорожного унифицированного моста-ленты МЛЖ-ВФ-ВТ. М.: 61-й НИИ, 2005. 45 с.

5. Ван Гиг Дж. Прикладная общая теория систем: в 2 т. М.: Мир, 1981. 1066 с.

6. Месарович М., Мако Д. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1983. 234 с.

7. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1982. 432 с.

8. Косенко Б. Ф. Основы теории решений. Ч. II. Методология моделирования. Л.: БАТТ, 1987. 89 с.

9. Шрейдер Ю. А., Шаров А. А. Системы и модели. М.: Советское радио, 1973. 156 с.

10. Квитко А. В. Современные взгляды на устойчивое функционирование наплавных мостов при техническом прикрытии объектов на железнодорожной транспортной сети // Сб. военно-научных статей академии. СПб.: БАТТ, 2007. Вып. 48. С. 32–35.

11. Квитко А. В. Математическая модель устойчивого функционирования наплавных мостов при техническом прикрытии объектов на железнодорожной транспортной сети. М.: Деп. в ЦВНИИ МО РФ, справка № 15489. Серия Б6336, 2007. Вып. 81.

12. Квитко А. В. Методика определения срока прерыва движения подвижного состава через водную преграду при функционировании наплавного моста в режиме пульсирования // Сб. военно-научных статей академии. СПб.: БАТТ, 2009. Вып. 52. С. 41–43.

13. Квитко А. В. Основные принципы построения расчетного наплавного моста, наводимого при техническом прикрытии железнодорожных мостовых переходов, и его вероятностные показатели // Сб. военно-научных статей академии. СПб.: БАТТ, 2009. Вып. 52. С. 37–40.

14. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей. М.: Наука; изд. фирма «Физико-математическая литература», 1994. 191 с.

15. Бегам Л. Г., Цыпин В. III. Надежность мостовых переходов через водотоки. М.: Транспорт, 1984. 153 с.

References

1. Zolotarev A. V., Smirnov V. V. *Konstruktivnye osobennosti i oblast' primeneniya mosta-ehstakady IMZh-500* [Design features and scope of the trestle bridge platform IMZh-500]. *Trudy konf. «Innovatsionnye tekhnologii v mostostroenii i dorozhnoy infrastrukture»* [Proc. of the conf. "Innovative technologies in bridge building and road infrastructure"]. St. Petersburg, *Vestnik Akademii MTO – Bulletin of MTO Academy*, 2014, pp. 352–364.

2. Gmoshinskiy V. G., Gol'din Ya. S. *Osnovy inzhenernogo prognozirovaniya na primere svaynykh fundamentov* [Basics of engineering forecasting on the example of the pile bases]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1972, 151 p.

3. Ponomarev S. G. *Naplavnye mosty i paromnye perepravy* [Pontoon bridges and ferries]. *Informatsionnyy sbornik zheleznodorozhnykh voysk RF. Trudy nauch.-prakt. konf. zheleznodorozhnykh voysk RF «Vosstanovlenie iskusstvennykh sooruzheniy na zheleznykh dorogakh i puti ikh resheniya»* [Information collection of railway troops of the Russian Federation. Proc. of the sci.- pract. conf. of railway troops of the Russian Federation "Restoration of artificial constructions on the railroads and the ways of solving of their design"]. Moscow, Federal'noe upravlenie zheleznodorozhnykh voysk pri MPS Rossii Publ., 1994, pp. 128–138.

4. Savel'ev D. V., et al. *Ispytanie naplavnogo zheleznodorozhnogo unifitsirovannogo mosta-lenty MLZh-VF-VT* [Testing of the floating railway unified ribbon bridge MLZh-VF-VT]. *Trudy 61-y NII* [Coll. of works of the 61-st scientific research institute]. Moscow, 2005, 45 p.

5. Van Gig Dzh. *Prikladnaya obshchaya teoriya sistem* [Applied general theory of systems]. In 2 vols. Moscow, Mir Publ., 1981, 1066 p.

6. Mesarovich M., Mako D. *Teoriya ierarkhicheskikh mnogourovnevnykh sistem* [Theory of hierarchical multilevel systems]. Moscow, Mir Publ., 1983, 234 p.

7. Optner S. *Sistemnyy analiz dlya resheniya delovykh i promyshlennykh problem* [The system analysis for solving of business and industrial problems]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1982, 432 p.

8. Kosenko B. F. *Osnovy teorii resheniy. Ch.II. Metodologiya modelirovaniya* [Basics of the theory of decisions. Pt. II. Modeling methodology]. Leningrad, VATT Publ., 1987, 89 p.

9. Shreyder Yu. A., Sharov A. A. *Sistemy i modeli* [Systems and models]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1973, 156 p.

10. Kvitko A. V. *Sovremennye vzglyady na ustoychivoe funktsionirovanie naplavnykh mostov pri tekhnicheskom prikrytii ob'ektov na zheleznodorozhnoy transportnoy seti* [Modern views on steady functioning of floating bridges at engineering support of objects located on the railway transport system]. *Sb. voenno-nauchnykh statey akademii* [Coll. of military scientific articles of the Academy]. Iss. 48. St. Petersburg, VATT Publ., 2007, pp. 32–35.

11. Kvitko A. V. *Matematicheskaya model' ustoychivogo funktsionirovaniya naplavnykh mostov pri tekhnicheskom prikrytii ob'ektov na zheleznodorozhnoy transportnoy seti* [Mathematical model of steady functioning of floating bridges at engineering support of objects located on the railway transport system]. Moscow, Dep. v TsVNII MO RF Publ., refr. no. 15489, ser. B6336, 2007. Iss. 81.

12. Kvitko A. V. *Metodika opredeleniya sroka pereryva dvizheniya podvizhnogo sostava cherez vodnuyu pregradu pri funkcionirovanii naplavnogo mosta v rezhime pul'sirovaniya* [Technique determining the term of the traffic break of the rolling stock through the water barrier, with the floating bridge functioning in the pulsing mode]. Sb. voenno-nauchnykh statey akademii [Coll. of military scientific articles of the Academy]. St. Petersburg, VATT Publ., 2009, pp. 41–43. Iss. 52.

13. Kvitko A. V. *Osnovnye printsipy postroeniya raschetnogo naplavnogo mosta, navodimogo pri tekhnicheskoy prikrytii zheleznodorozhnykh mostovykh perekhodov, i ego veroyatnostnye pokazateli* [The basic

principles of creating the estimated pontoon bridge with the technical support of railway bridge crossings and its probabilistic indicators]. Sb. voenno-nauchnykh statey akademii [Coll. of military scientific articles of the Academy]. St. Petersburg, VATT Publ., 2009, pp. 37–40. Iss. 52.

14. Myshkis A. D. *Ehlementy teorii matematicheskikh modeley* [Elements of the theory of mathematical models]. Moscow, Nauka Publ., 1994, 191 p.

15. Begam L. G., Tsypin V. Sh. *Nadezhnost' mostovykh perekhodov cherez vodotoki* [Reliability of bridge crossings over waterways]. Moscow, Transport Publ., 1984, 153 p.