

УДК 624.21

О КОНСТРУКЦИИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ПУТЕПРОВОДА ЧЕРЕЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ

**В.П. Кожушко, проф., д.т.н., Харьковский национальный автомобильно-
дорожный университет**

***Аннотация.** На основании данных испытаний и теоретических расчетов путепровода по методу, разработанному автором, установлена его истинная конструкция.*

***Ключевые слова:** испытательная нагрузка, сталежелезобетонное пролетное строение, схемы загрузки пролетного строения испытательной нагрузкой.*

ПРО КОНСТРУКЦІЮ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ ШЛЯХОПРОВОДУ ЧЕРЕЗ ЗАЛІЗНИЧНІ КОЛІЇ

**В.П. Кожушко, проф., д.т.н., Харківський національний автомобільно-дорожній
університет**

***Анотація.** На основі даних випробувань і теоретичних розрахунків шляхопроводу за методом, розробленим автором, встановлено його дійсну конструкцію.*

***Ключові слова:** випробувальне навантаження, сталезалізобетонна прольотна будова, схеми завантаження прольотної будови випробувальним навантаженням.*

ON THE DESIGN OF THE SPAN STRUCTURE OF THE RAILROAD OVERPASS

**V. Kozhushko, Prof., D. Sc. (Eng.),
Kharkiv National Automobile and Highway University**

***Abstract.** Based on the test data and theoretical design of the railroad overpass span structure according to the method developed by the author there was determined its appropriate design.*

***Key words:** test load, influence of force lines transmitted to the main beams, metal beam span structure with a reinforced concrete roadway slab, schemes of loading of the span structure by the test load.*

Введение

В настоящее время на автомобильных дорогах и улицах населенных пунктов эксплуатируется значительное количество мостов, построенных после окончания Второй мировой войны. Многие пролетные строения возводились металлическими с железобетонной плитой проезжей части. Если железобетонная плита укладывалась на металлические балки без объединения с ними, пролетное строение называлось металлическим; при объединении железобетонной плиты с металлическими балками с помощью упоров [1, 2] пролет-

ное строение называлось сталежелезобетонным [2] или металлическим с объединенной железобетонной плитой [1]. Несущая способность сталежелезобетонных конструкций (при одинаковых размерах балки и плиты) значительно выше металлических пролетных строений.

В настоящее время возникает необходимость определения истинной несущей способности упомянутых пролетных строений, однако эта задача усложняется по причине утери проектной и исполнительной документации на мосты. Наличие этих документов позволило

бы установить истинную конструкцию пролетных строений мостов.

Таким образом, истинная конструкция пролетных строений эксплуатируемых мостов может быть определена только на основании освидетельствования и испытания мостов и последующих теоретических расчетов.

Анализ публикаций

Анализ публикаций [3, 4] показывает, что при сравнении данных испытаний с теоретическими расчетами мостов, рассмотренных в этих статьях, была известна (на основании изучения проектной документации) конструкция пролетных строений. Работы, где бы приводились данные испытаний металлических или сталежелезобетонных пролетных строений при неизвестной их конструкции, практически отсутствуют.

Цель и постановка задачи

Целью работы является установление истинной конструкции пролетных строений с металлическими балками (т.е. рассмотрение вопроса, являются ли эти пролетные строения металлическими или сталежелезобетонными?) и на этой основе – определение истинной несущей способности сооружения.

Для решения этих вопросов использованы данные освидетельствования и испытания путепровода через железнодорожные пути в г. Харькове и теоретические расчеты пролетного строения на действие испытательной нагрузки по методу, разработанному автором [5, 6].

Реализация задачи

Путепровод через железнодорожные пути имеет два балочных пролета с расчетным пролетом главных балок $l_p = 15,2$ м. Сооружение – косое в плане; угол между продольной и поперечной осями составляет $72^\circ 22'$. В поперечном направлении установлено 10 металлических балок высотой 1356 мм на взаимных расстояниях 2300 мм (рис. 1). Поверх металлических балок уложена железобетонная плита проезжей части толщиной 160 мм. Пролетные строения и опоры с фундаментами рассчитаны на пропуск автомобильной Н-30 и колесной НК-80 нагрузок, т.е. все расчеты элементов путепровода выполнены согласно требованиям норм [7]. Сооружение

построено в начале шестидесятых годов XX столетия.

Впервые путепровод был обследован и испытан в 1964 году сотрудниками кафедры мостов ХАДИ. Последнее обследование сооружения выполнено сотрудниками кафедры мостов, конструкций и строительной механики ХНАДУ весной 2014 года. Простой осмотр пролетных строений не позволил установить их истинную конструкцию, т.е. в результате осмотра невозможно установить, являются ли они чисто металлическими или сталежелезобетонными?

Для выявления истинной конструкции пролетных строений было произведено испытание второго пролета путепровода. В качестве испытательной нагрузки были использованы 4 бронемашины массой 36 т каждая. Геометрические характеристики бронемашин показаны на рис. 2.

Было осуществлено 9 схем загрузки пролетного строения (рис. 1). Прогибы измерялись прогибомерами Максимова, установленными в середине пролета под каждой металлической балкой (использовано 10 прогибомеров), и по 4 прогибомера было установлено на опорах.

Теоретические прогибы определены по методу, разработанному автором [5, 6]. При этом теоретические прогибы были рассчитаны как для чисто металлического, так и для сталежелезобетонного пролетных строений. Значения экспериментальных и теоретических прогибов приведены в табл. 1. По данным, приведенным в табл. 1, для схем загрузки 1, 4, 5, 8 и 9 построены кривые экспериментальных и теоретических прогибов (рис. 3, а, б, в, г, д).

Анализ данных табл. 1 и кривых прогибов (рис. 3) показал, что пролетное строение в конструктивном отношении представляет собой сталежелезобетонную конструкцию. Если пролетное строение рассматривать как металлическое, то теоретические прогибы главных балок почти в 2 раза превысят экспериментальные. Идентичность экспериментальных и теоретических кривых прогибов говорит о том, что принятый для теоретических расчетов метод правильно описывает реальную работу пролетного строения. Некоторое отличие прогибов под балкой 4 говорит о сбое работы прогибомера под этой балкой.

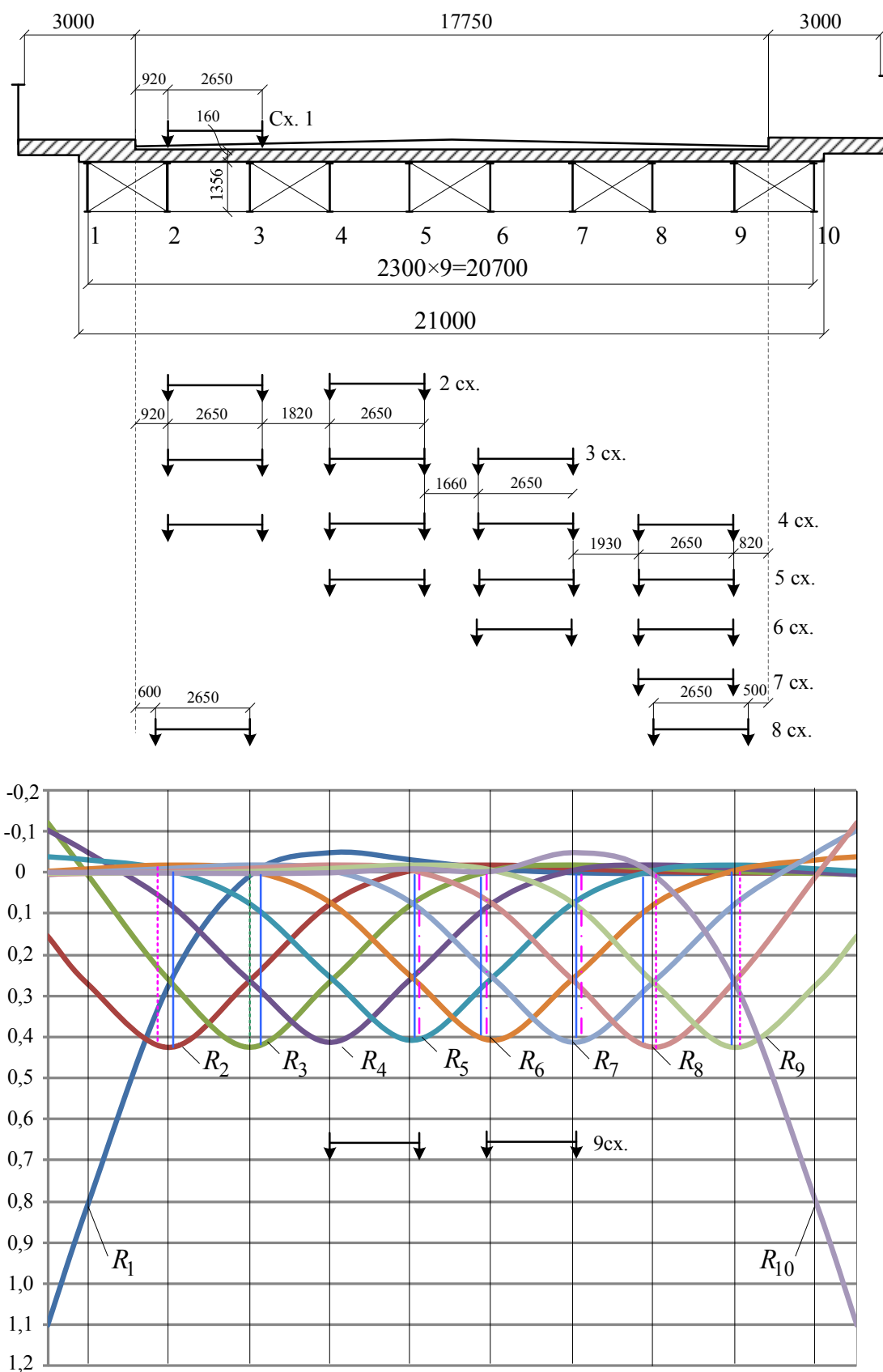


Рис. 1. Линии влияния сил, передаваемых плитой на металлические балки, и схемы их загрузки испытательной нагрузкой

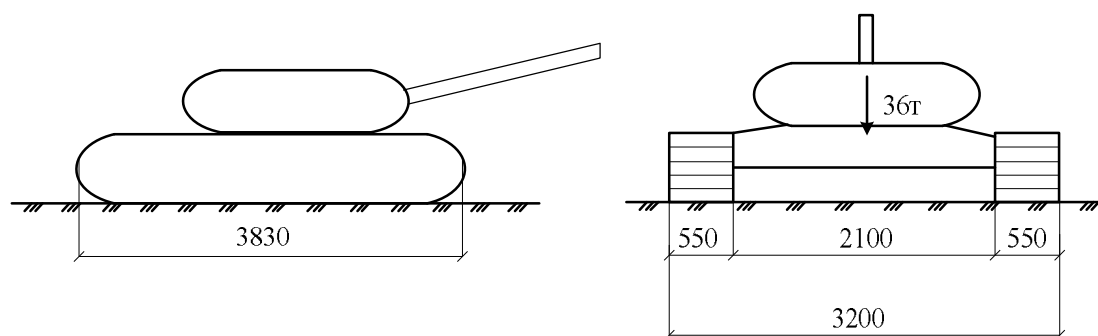


Рис. 2. Геометрические характеристики бронемашины

Таблица 1 Экспериментальные и теоретические прогибы сталежелезобетонных балок
в середине пролета, см

Схема загру- жения	Данные	Балки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Экспер	0,030	0,085	0,095	0,030	0,010					
	Теор	0,029	0,077	0,083	0,048	0,014					
2	Экспер	0,030	0,105	0,150	0,130	0,115	0,055	0,010			
	Теор	0,023	0,102	0,146	0,152	0,113	0,051	0,015	-0,003	-0,003	-0,003
3	Экспер	0,030	0,110	0,160	0,160	0,170	0,155	0,115	0,050		
	Теор	0,022	0,104	0,156	0,178	0,176	0,160	0,116	0,049	0,007	-0,0017
4	Экспер	0,040	0,110	0,165	0,165	0,180	0,185	0,180	0,160	0,110	0,050
	Теор	0,024	0,110	0,165	0,187	0,186	0,189	0,187	0,167	0,116	0,015
5	Экспер	0,005	0,020	0,055	0,105	0,155	0,180	0,180	0,160	0,115	0,050
	Теор	-0,013	0,002	0,052	0,125	0,163	0,194	0,194	0,172	0,120	0,016
6	Экспер			0,015	0,025	0,060	0,120	0,155	0,155	0,115	0,050
	Теор	0,003	-0,009	-0,018	-0,014	0,064	0,143	0,186	0,187	0,132	0,021
8	Экспер	0,045	0,095	0,100	0,060	0,030	0,025	0,055	0,105	0,090	0,050
	Теор	0,054	0,109	0,106	0,048	0,010	0,005	0,049	0,110	0,114	0,050
9	Экспер	0,005	0,020	0,060	0,120	0,160	0,165	0,130	0,060	0,005	
	Теор	-0,017	0,009	0,056	0,132	0,175	0,179	0,136	0,062	0,010	-0,018

Часто, проверяя правильность принятого для теоретических расчетов пространственного метода расчета, сравнивают величины экспериментальных и теоретических коэффициентов поперечного распределения (КПР).

Нами были определены значения экспериментальных и теоретических коэффициентов поперечного распределения от испытательной нагрузки.

Результаты расчетов сведены в табл. 2.

Анализ значений экспериментальных и теоретических КПР показывает, что отличие в их величинах незначительное. Значительные расхождения величин КПР наблюдаются в крайних балках, а при схеме 8 загрузки – и в средних балках.

Это связано с малыми значениями прогибов балок, на что не совсем правильно реагируют прогибомеры под этими балками. Кроме того, при расчете пролетного строения не учтено влияние тротуаров, перил и слоев покрытия.

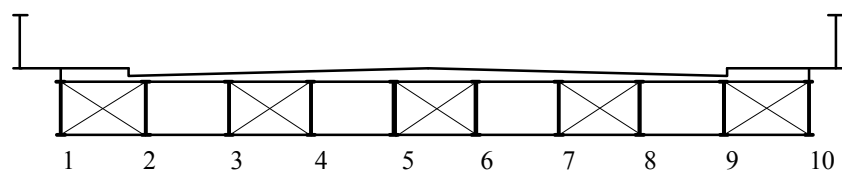


Схема 1

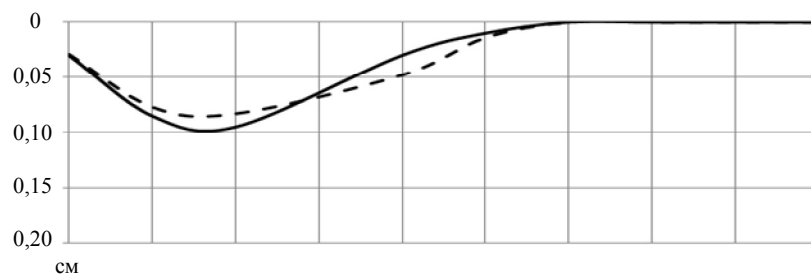


Схема 4

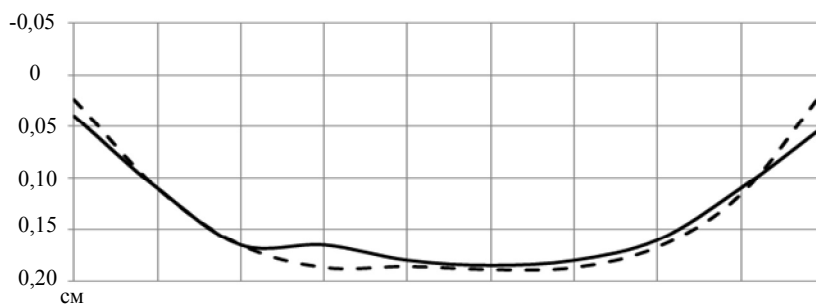


Схема 5

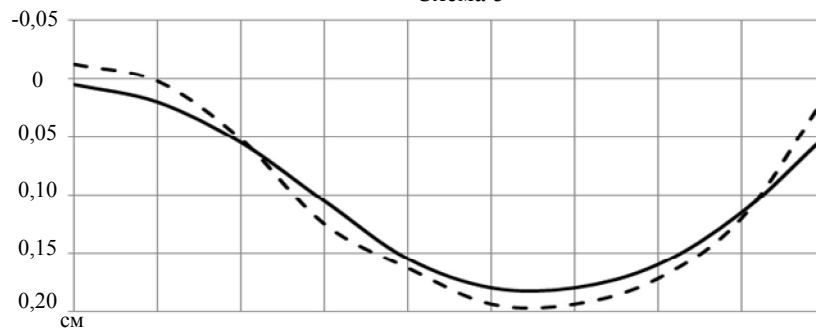


Схема 8

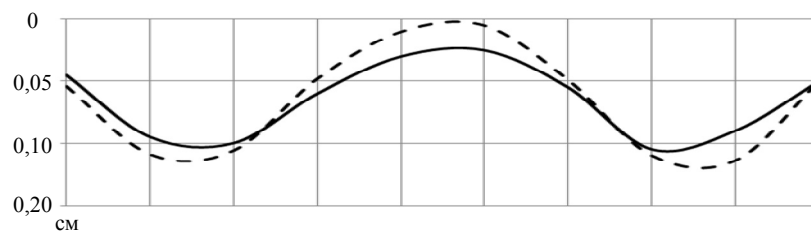


Схема 9

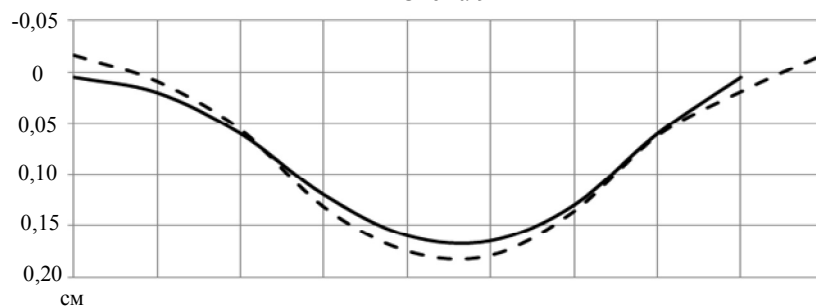


Рис. 3. Экспериментальные и теоретические кривые прогибов главных балок: — экспериментальные; - - - теоретические сталежелезобетонного строения

Таблица 2 Значения экспериментальных и теоретических коэффициентов поперечного распределения

Схема загрузки	Данные	Балки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Экспер	0,120	0,340	0,380	0,120	0,040					
	Теор	0,1175	0,3175	0,340	0,195	0,055					
	Соотношение КПР	1,021	1,071	1,118	0,615	0,707					
2	Экспер	0,050	0,176	0,252	0,218	0,193	0,092	0,017			
	Теор	0,039	0,174	0,2475	0,258	0,190	0,086	0,025	-0,005	-0,005	-0,005
	Соотношение КПР	1,282	1,011	1,018	0,845	1,016	1,070	0,680			
3	Экспер	0,032	0,116	0,168	0,168	0,179	0,165	0,121	0,053		
	Теор	0,024	0,109	0,165	0,1905	0,186	0,169	0,123	0,052	0,007	-0,017
	Соотношение КПР		1,064	1,018	0,882	0,962	0,976	0,984	1,012		
4	Экспер	0,030	0,082	0,123	0,123	0,134	0,138	0,134	0,119	0,082	0,037
	Теор	0,018	0,081	0,1225	0,1385	0,138	0,140	0,139	0,124	0,086	0,011
	Соотношение КПР		1,012	1,004	0,888	0,971	0,986	0,964	0,960	0,953	
5	Экспер	0,005	0,020	0,054	0,102	0,151	0,176	0,176	0,156	0,112	0,049
	Теор	-0,015	0,002	0,050	0,120	0,166	0,187	0,186	0,165	0,115	0,015
	Соотношение КПР			1,080	0,850	0,910	0,941	0,941	0,945	0,974	
6	Экспер			0,022	0,036	0,086	0,173	0,223	0,223	0,165	0,072
	Теор	0,0025	-0,0125	-0,025	0,019	0,086	0,194	0,254	0,2525	0,1775	0,0275
	Соотношение КПР					1,000	0,892	0,878	0,883	0,930	
8	Экспер	0,069	0,145	0,153	0,092	0,046	0,038	0,084	0,160	0,137	0,076
	Теор	0,0825	0,166	0,161	0,0725	0,015	0,0075	0,074	0,167	0,1725	0,075
	Соотношение КПР	0,836	0,873	0,950				1,135	0,958	0,794	1,013
9	Экспер	0,007	0,028	0,083	0,167	0,221	0,228	0,179	0,083	0,007	
	Теор	-0,1225	0,0125	0,077	0,181	0,240	0,246	0,187	0,0855	0,014	-0,025
	Соотношение КПР			1,078	0,923	0,921	0,927	0,957	0,971		

Примечание. При определении соотношения КПР значение экспериментального коэффициента поперечного распределения поставлено в числителе.

Выводы

При наличии данных испытаний пролетного строения в натуре и при применении пространственного метода расчета, правильно описывающего его работу, можно точно установить конструкцию пролетного строения.

В рассматриваемом путепроводе пролетное строение работает как сталежелезобетонное.

Литература

1. Гибшман Е.Е. Мосты со стальными балками, объединенными с железобетонной плитой / Е.Е. Гибшман. – М.: Дориздат, 1952. – 86 с.
2. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные мосты / Н.Н. Стрелецкий. – М.: Транспорт, 1965. – 376 с.
3. Російський В.О. Дослідження роботи прольотних будов сталезалізобетонних мостів при неоднакових перерізах головних балок і неоднакових відстанях між ними / В.О. Російський, Л.В. Семенець, В.П. Кожушко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1974. – Вип. XV. – С. 158–162.
4. Кожушко В.П. Визначення зусиль від тимчасового навантаження у головних бал-

ках металевих і сталебетонних балкових прольотних будовах нерегулярної структури за усередненою схемою / В.П. Кожушко, С.А. Біндюг // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2002. – Вип. 64. – С. 122–124.

5. Кожушко В.П. Расчет пролетных строений балочных мостов разрезной системы / В.П. Кожушко // Сопротивление материалов и теория сооружений. – 1980. – Вып. 36. – С. 118–122.
6. Кожушко В.П. Деякі особливості роботи косих прольотних будов балкових мостів розрізної системи / В.П. Кожушко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1998. – Вип. 56. – С. 107–114.
7. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб: СН 200–62. (Действующие с 1 апреля 1962 г.). – М.: Транжелдориздат, 1962. – 328 с. (Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства).

Рецензент: В.К. Жданюк, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 19 ноября 2014 г.