

УДК 624.21.012.45

*БОРОВИКОВ АЛЕКСАНДР ГЕОРГИЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент,  
diamos@mail.ru*

*КАРТОПОЛЬЦЕВ ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ, докт. техн. наук,  
профессор,  
kaf\_most@mail.ru*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

## **ПОВТОРНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ**

В статье рассмотрены вопросы обоснованного повторного применения металлоконструкций бетоновозных эстакад гидротехнических сооружений для сталежелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов. Сделаны расчеты по оценке несущей способности главных балок и грузоподъемности пролетного строения в целом. Проведены статические испытания моста с анализом их результатов. Опыт строительства мостов через р. Куюм в Республике Алтай, через р. Пикан и р. Гулик в Амурской области [3] и результаты проведенных испытаний после нескольких лет эксплуатации убедительно доказывают эффективность и целесообразность их повторного применения в пролетных строениях автодорожных мостов.

**Ключевые слова:** сталежелезобетонное пролетное строение; бетоновозная эстакада; расчетная схема; несущая способность; грузоподъемность.

*BOROVIKOV, ALEXANDER GEORGIEVICH, Cand. of tech. sc., assoc. prof.,  
diamos@mail.ru*

*KARTOPOLTSEV, VLADIMIR MIKHAYLOVICH, Dr. of tech. sc., prof.,  
kaf\_most@mail.ru*

*Tomsk State University of Architecture and Building,  
2 Solyanaya sq., Tomsk, 634003, Russia*

## **RE-USE OF METAL HYDRAULIC STRUCTURES IN ROAD BRIDGES SPANS**

The problems of re-use of metal hydraulic structures of flyovers for steel and reinforced concrete highway bridge spans are considered. The calculations have been made to assess the carrying capacity of the main beams and carrying capacity of the superstructure as a whole. Statistical tests of bridge with the analysis of their results have been carried out. The experience of bridges construction across the river Kujum in republic Altai, across the rivers Pekan and Gulik in the Amur region [3] and the results of tests carried out after several years of operation convincingly prove efficiency and expediency of re-use of metal hydraulic structures in highway bridge spans.

**Keywords:** a composite reinforced concrete span structure; a flyover; a calculating scheme; bearing capacity; actual carrying capacity.

В октябре 2001 г. был сдан в эксплуатацию мост через р. Куюм на 26 км автомобильной дороги Усть-Сема – Чемал – Куяс в Республике Алтай.

Мост балочно-разрезной системы выполнен по схеме  $1 \times 37,6$  м. Ширина габарита проезжей части моста составляет 8,0 м, тротуары не предусмотрены. Полная ширина моста между перильными ограждениями 8,86 м. Покрытие проезжей части асфальтобетонное. Барьерное ограждение проезжей части высотой 0,71 м. Перила металлические высотой 1,1 м совмещены с барьерным ограждением. Деформационные швы с резиновым компенсатором.

Мост запроектирован ОАО «Институт «Томгипротранс»» по нормам проектирования СНиП 2.05.03–84\* [1] для пропуска нагрузок А11 и НК-80.

Конструкция сталежелезобетонного пролетного строения моста индивидуальной проектировки изображена на рис. 1.

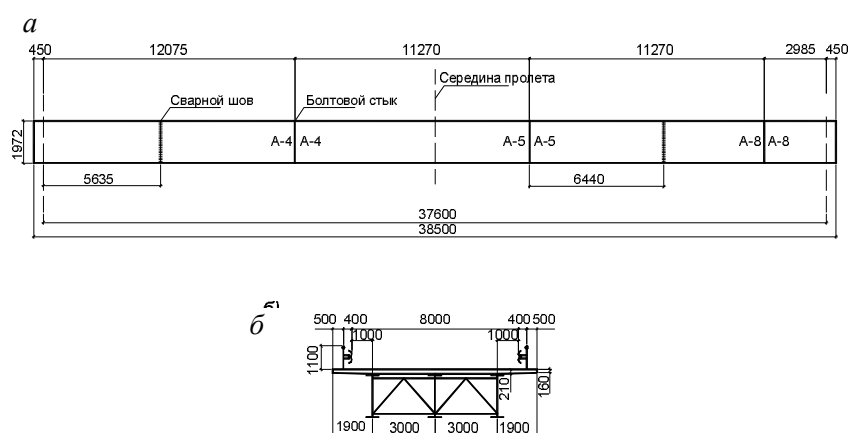


Рис. 1. Конструкция пролетного строения:  
а – фасад пролетного строения; б – поперечное сечение пролетного строения

Пролетное строение разрезное однопролетное длиной 38,5 м с расчетным пролетом 37,6 м. В поперечном сечении пролетного строения три двутавровые сварные балки со сплошной стенкой. Главные балки выполнены из металлоконструкций бетоновозной эстакады Саяно-Шушенской ГЭС и объединены для совместной работы с монолитной железобетонной плитой проезжей части жесткими упорами. Высота балок составляет: в середине пролета 2036 мм, у опоры – 2004 мм. Толщина плиты проезжей части – 0,20–0,30 м. Расстояние между осями балок составляет 3,00 м. Главные балки по длине составлены из 4 монтажных блоков со стыками на высокопрочных болтах М24 по ВСН 144–68. Верхний и нижний пояса балок выполнены из металлических листов шириной 630 мм, толщиной 32 мм. В средней части пролета балки усилены дополнительным металлическим листом нижнего пояса шириной 610, толщиной 32 мм. Балки объединены между собой продольными и поперечными связями. Поперечные и продольные связи выполнены из прокатных уголков  $110 \times 110 \times 9$  мм и прокатных швеллеров.

Главные балки выполнены из стали марки 15ХСНД2 с расчетным сопротивлением по пределу текучести  $R_y = 295$  МПа [1]. Бетон плиты проезжей части по прочности на сжатие класса В25 с расчетным сопротивлением

$R_b = 13$  МПа, марка по морозостойкости F300. Рабочая арматура плиты проезжей части класса АП с расчётным сопротивлением  $R_s = 265$  МПа.

Расчёт балок пролётного строения произведён по двум стадиям:

I стадия – соответствует работе стальной балки от собственного веса и веса железобетонной плиты без учёта объединения с балкой.

II стадия – соответствует работе сталежелезобетонной балки на эксплуатационные нагрузки (от веса элементов мостового полотна и временной нагрузки) с учётом объединения плиты в совместную работу с балкой.

Расчётные напряжения в сечениях металлических балок получены суммированием напряжений при I и II стадиях работы.

Расчёты выполнены с учётом требований СНиП 2.05.03–84\*, СНиП 2.03.01–84 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Значения вычисленных постоянных нагрузок на 1 пог. м длины главной балки даны в табл. 1.

Таблица 1

Постоянные нагрузки на 1 пог. м одной главной балки

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка, кН/м	Расчетная нагрузка, кН/м
I стадия (вес плиты, опалубки, технологического оборудования, балки, связей упоров, накладок и болтов)	28,3	31,4
II стадия (вес проезжей части и ограждения)	11,8	16,3

Распределение давления временной нагрузки А11 и НК-80 между балками учитывалось при помощи коэффициентов поперечной установки, которые определялись по методу внецентренного сжатия и методу рычага, а дополнительные расчетные значения полученных усилий контролировались пространственным расчетом по методу конечных элементов на ЭВМ.

Усилия от постоянных и временных нагрузок в середине пролета главной балки определяются методами строительной механики по линиям влияния. Линии влияния изгибающего момента  $M$  и схемы их загрузки постоянной нагрузкой и временной нагрузкой АК и НК представлены на рис. 2.

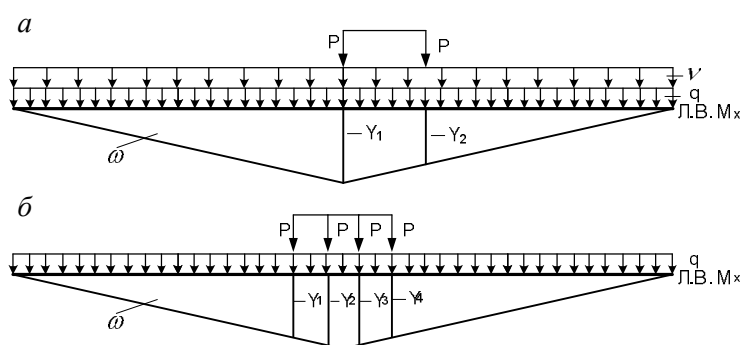


Рис. 2. Линии влияния изгибающего момента в середине пролета и схемы их загрузки: а – постоянной нагрузкой и нагрузкой АК; б – постоянной нагрузкой и нагрузкой НК

Значения изгибающих моментов в середине пролета главной балки от расчетных нагрузок представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Значения изгибающих моментов в середине пролета главной балки от расчетных нагрузок, кНм**

От постоянной нагрузки I стадии	От постоянной нагрузки II стадии	От временной нагрузки А11	От временной нагрузки НК-80	От временной нагрузки А14	От временной нагрузки Н14
5548,4	2880	5286	4178	6079	4847

Значения нормальных напряжений в сечении, расположенном в середине пролета главной балки, от расчетных нагрузок представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Значения нормальных напряжений в сечении, расположенном в середине пролета главной балки от расчетных нагрузок**

Напряжения, кПа	От постоянных нагрузок и временной нагрузки А11	От постоянных нагрузок и временной нагрузки А14	Расчетное сопротивление материала	Оценка несущей способности, %
В верхнем поясе стальной балки, $\sigma_{st}^B$	136677	157179	295000	+47
В нижнем поясе стальной балки, $\sigma_{st}^H$	185612	213454	295000	+28
В нижней фибре бетона плиты проезжей части, $\sigma_b^H$	6752	7765	13000	+40

Соотношения уровня напряженного состояния сечения в середине пролета от постоянных и временных нагрузок с расчетным сопротивлением материалов указывают на реальные резервы несущей способности главных балок, следовательно, полезной грузоподъемности пролетного строения в целом.

Для оценки фактической несущей способности пролетного строения были проведены статические испытания в соответствии с требованиями СНиП 3.06.07–86 [2].

Загружение пролетного строения производилось 4 грузовыми автомобилями марки КамАЗ 5511 весом 22,6 т каждый.

Во время статических испытаний были применены две схемы нагружений для исследования крайней балки № 1:

I схема загрузки – вся нагрузка (4 автомобиля) устанавливалась в одну колонну по всей длине пролета на расстоянии 0,55 м от ограждения безопасности.

II схема загрузки – вся нагрузка устанавливалась в две колонны по два автомобиля относительно середины пролета на расстоянии 0,55 м от ограждения безопасности и 0,95 м между колоннами.

Значения прогибов балок от загрузки испытательной нагрузкой представлены в табл. 4.

Таблица 4

#### Значения прогибов балок от загрузки испытательной нагрузкой

Схема загрузки	Показания прогибомеров, мм		
	П-1	П-2	П-3
I	12,2	9,5	4,6
II	9,1	10,1	7,6

В результате проведенных статических испытаний полученные значения прогибов балок пролетного строения свидетельствуют о том, что пролетное строение обладает достаточной жесткостью и соответствует проекту.

Коэффициенты поперечной установки (КПУ) вычислялись по линиям влияния, которые были построены методом внецентренного сжатия для теоретического расчета и по фактическим отсчетам прогибомеров во время статических испытаний.

Значения коэффициентов поперечной установки для балки № 1 представлены в табл. 5.

Таблица 5

#### Значения коэффициентов поперечной установки

Схема загрузки	Значение КПУ от нагрузок		Конструктивный коэффициент
	фактическое	теоретическое	
I	0,514	0,755	0,68
II	0,683	1,020	0,67

Значения прогибов главной балки № 1 от испытательной нагрузки, вычисленные теоретически и измеренные при испытании пролетного строения, представлены в табл. 6.

Таблица 6

#### Значения максимальных прогибов в главной балке № 1

I схема загрузки			II схема загрузки		
Измеренное при испытании	Вычисленное теоретически	Конструктивный коэффициент	Замеренное при испытании	Вычисленное теоретически	Конструктивный коэффициент
12,2	20,0	0,61	9,1	17,4	0,53

Значения конструктивных коэффициентов по прогибам и коэффициентов поперечной установки подтверждают резерв несущей способности главных балок пролетного строения моста и соответствуют требованиям для вновь построенных мостов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *СНиП 2.05.03–84\**. Мосты и трубы. – М. : Госстрой СССР, 1996. – 213 с.
2. *СНиП 3.06.07–86*. Мосты и трубы. Правила обследования и испытаний. – М. : Госстрой СССР, 1986. – 27 с.
3. *Опыт повторного применения металлоконструкций в сталежелезобетонных пролетных строениях автодорожных мостов* / И.Ю. Белуцкий, В.Е. Казаринов, В.П. Цуканов [и др.] / Хабаровский ГТУ. – Хабаровск, 2004. – 12 с. Деп. В ВИНТИ № 1017–В2004.