

УДК 624.21; 625.745.1/2

**Калинин Иван Сергеевич**

ФГБВОУ ВПО «Военно-технический университет» Министерства обороны Российской Федерации  
Россия, Балашиха<sup>1</sup>  
Адъюнкт кафедры 12 (строительства объектов специального назначения)  
E-Mail: IvanKalinin1987@yandex.ru

**Шутов Евгений Дмитриевич**

ФГБВОУ ВПО «Военно-технический университет» Министерства обороны Российской Федерации  
Россия, Балашиха  
Профессор кафедры 13 (автомобильных дорог, мостов и тоннелей)  
Кандидат технических наук, доцент  
E-Mail: IvanKalinin1987@yandex.ru

## **Экспериментальные исследования работы конструкции со сдвоенными опорными частями на мелкомасштабной модели**

**Аннотация.** Выбор расчётной модели для пролетных строений – достаточно сложная задача, при решении которой во многих случаях требуются теоретические и экспериментальные исследования. В статье приведены данные о результатах экспериментальных исследований работы конструкции со сдвоенными опорными частями для усиления балочных мостов на мелкомасштабной модели из органического стекла. Параметры модели соответствуют данным для параметрического моста. Исследования работы пролетных строений на модели показали достаточно хорошее совпадение опытных и теоретических данных. Результаты опытов напрямую относятся к выявлению расчетной схемы конструкции и не учитываются с теоретическими положениями, основанными на теории упругости. С помощью разработанной мелкомасштабной модели в зависимости от изменения расчетной схемы (из разрезной в неразрезную, в неразрезную со сдвоенными опорными частями), а также от переменных параметров в виде грузов, мест приложения нагрузок, условий защемления пролетных строений – проведен лабораторный многофакторный эксперимент. Эксперимент проведен на методологической основе планирования эксперимента. В работе сделан анализ полученных тензометрических данных и обобщение их до изгибаемых моментов и напряжений в пролетных строений при воздействии сосредоточенных нагрузок. Выявлена расчетная схема конструкции со сдвоенными опорными частями, оценена эффективность данной конструкции, проведен поиск оптимального расстояния между опорными частями, при котором максимально действует эффект сдвоенных опорных частей. Оценена несущая способность пролетных строений параметрического моста.

**Ключевые слова:** сдвоенные опорные части; эксперимент; модель; параметрический мост; тензометрическая станция; тензорезисторы; расчетная схема.

---

<sup>1</sup> 143900 Московская область, г. Балашиха ВТУ, ул. Карбышева д. 8 НИО (Калинину И.С.)

## Введение

Применяемые для пролетных строений моста несущие конструкции можно рассматривать как континуальные, дискретные и дискретно-континуальные системы. Выбор расчётной модели для пролетных строений – достаточно сложная задача, при решении которой во многих случаях требуются теоретические и экспериментальные исследования.

Для железобетонных пролетных строений современными нормами допускаются расчеты в предположении линейной упругости материалов.

Испытания натурных конструкций проводятся лишь в начальной стадии их работы, а испытательные нагрузки часто отклоняются от нагрузок, по которым это пролетное строение рассчитывалось. Поэтому весьма рациональным способом исследования конструкций, их развития и проектирования является в исследованиях моделирование, а теоретические исследования, выполненные в предположении упругих свойств материалов, целесообразно объединить с экспериментальными исследованиями на моделях.

Методы исследований на моделях позволяют избежать многих трудностей, заложенных в теоретических исследованиях. На моделях можно исследовать конструкции с совершенно правильными граничными условиями, сложных геометрических форм и состоящих из материалов со свойствами, которые трудно выразить точными математическими формулами. Исследования на моделях позволяют провести более глубокие и обширные экспериментальные работы, чем на натурных испытаниях, установить характер трещинообразования и выявить механизмы разрушения сложных пространственных систем.

Исследованиями на моделях решают различные задачи. В зависимости от этих задач испытания на моделях можно разделить на три группы.

Первые две группы посвящены исследованию работ конструкций в упругой стадии с качественной оценкой их поведения. Эти исследования применяются для проверки уже разработанных способов расчета либо для создания новой, более совершенной методики расчета, а также для разработки приближенных методов расчета.

Модели в упругой стадии выполняются на - из любого пригодного материала с линейной упругостью.

Для изучения трехмерных конструкций путем измерения деформаций с помощью датчиков сопротивления, прогибомеров и др. служат методы второй группы. Исследования работы пролетных строений на моделях из органического стекла, проведенные в лаборатории СоюздорНИИ, показали достаточно хорошее совпадение опытных и теоретических данных. Однако полученные из таких опытов результаты относятся не к натуре, а к ее расчетной схеме и не учитываются теоретическими положениями, основанными на теории упругости.

Модели третьей группы приближаются к реальному сооружению, и данные, полученные при испытании таких моделей, гораздо ближе к истине, чем результаты, полученные при испытании моделей первых двух групп [1].

В статьях «К вопросу о выборе конструктивно-технологических решений повышения несущей способности железобетонных пролетных строений мостов» [2], «Выбор оптимальных параметров конструкции со сдвоенными опорными частями при усилении балочных мостов» [3] был рассмотрен перспективный способ усиления балочных мостов с помощью конструкции со сдвоенными опорными частями [4]. В настоящей статье представлена наиболее важная часть проделанной работы, а именно экспериментальные исследования работы конструкции со сдвоенными опорными частями на мелкомасштабной модели.

### Конструкция мелкомасштабной модели и методика эксперимента

Модель железобетонного разрезного параметрического моста [5] с пролетами 18-27-18 м выполнена из органического стекла в масштабе М 1:50 (таблица 1). Модуль упругости материала  $E_m=1890$  МПа. Длина модели моста  $L=1260$  мм с расчетными пролетами  $L_2=350$  мм и  $L_1=540$  мм.

Схема экспериментальной модели показана на рисунках 1-3, расчетная схема – рисунок 4.

Цель эксперимента – выявление расчетной схемы конструкции со сдвоенными опорными частями, сравнение теоретических данных с экспериментальными.

Мелкомасштабная модель разработана на 13 кафедре (автомобильных дорог, мостов и тоннелей) при участии автора [6]. При этом получено свидетельство на рационализаторское предложение №33 от 21.05.2014 года. Данная модель внедрена в учебный процесс по дисциплине «Строительная механика».

Таблица 1

Соотношение параметров мелкомасштабной модели

Параметр	М 1:1	М 1:50 (модель)
Общая длина моста, мм	63000	1260
Пролеты реального моста, мм	18000-27000-18000	360-540-360
Зазор между балками min, мм	50	1
Зазор между балками max, мм	200	4
Ширина опоры при пролетах 15-30 м	1600	32
Расстояние между осями опирания балок соседних ПС, мм	700	14
Расстояния до опорной части (а, мм)	250	5
	500	10
	750	15
	1000	20

Модель изготовлена из листового оргстекла с использованием клеевых соединений между элементами конструкции.

Модель параметрического моста включает основание, на котором установлено четыре опоры с размерами 160x120x30 мм и стойками высотой 40 мм, между стойками уложены пролетные строения толщиной 5 мм (рисунок 4). В стойках просверлены отверстия 40x6 мм из расчета пропуска опорных частей, выполненных из металлических шпилек длиной 150 мм,  $d=6$  мм и цилиндров длиной 80 мм,  $d=8$  мм (рисунок 5).

Испытания модели проводились в лабораторных условиях на специальном оборудованном месте в аудитории «Проектирования мостов» на 13 кафедре (автомобильных дорог, мостов и тоннелей). Модель устанавливали на жесткую поверхность.

Экспериментальная модель позволяет производить изменение и регулировку расчетной схемы при усилении параметрического моста по двух вариантам:

1. Разрезная система;
2. Неразрезная система со сдвоенными опорными частями.

Усиление проводилось из разрезной модели в неразрезную со сдвоенными опорными частями.

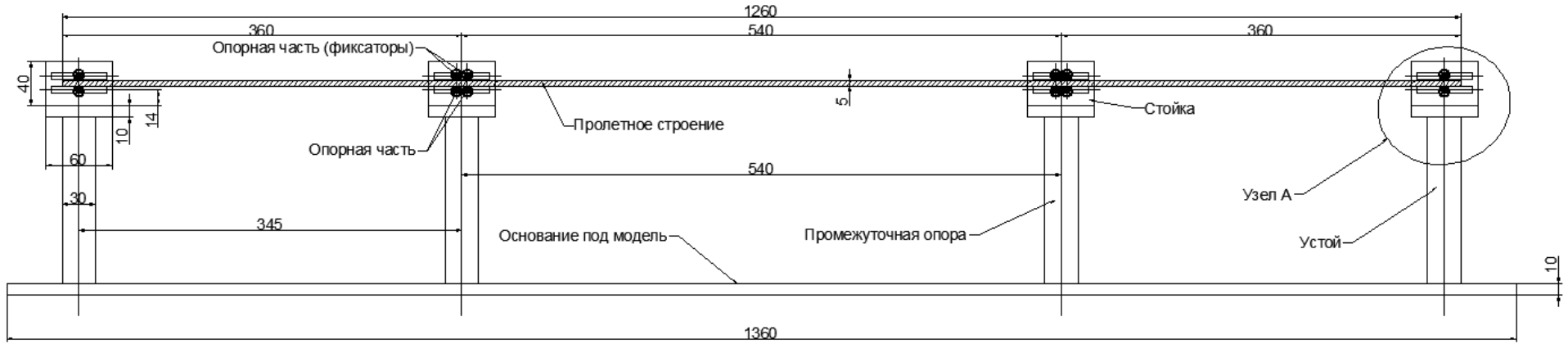
Использовались готовые пролетные строения из оргстекла. Конструктивное изменение осуществлялось путем расстановки опорных частей для осуществления жесткой связи пролетных строений и опор.

В качестве нагрузки использовали гири весом  $G_1=0,5$  кг  $G_2=0,75$  кг (рисунок 6).

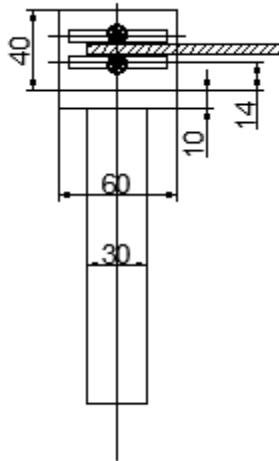
Измерение изгибающих моментов в середине пролета в процессе испытаний производили путем преобразования показаний тензометрических датчиков станции А-17-Т8.

В качестве датчиков использованы тензорезисторы 5КП1-5-100Б-12, наклеены по мостовой схеме [7] (таблица 2, рисунок 7, 8).

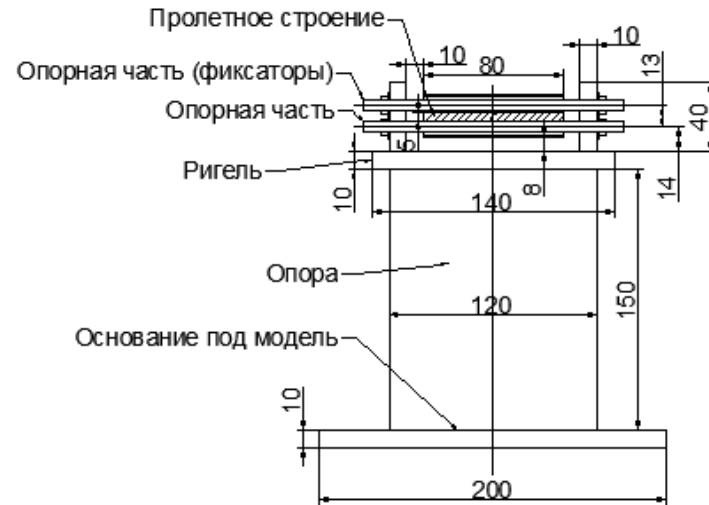
Сечения для контроля параметров указаны на рисунке 9, для крайних – 1, для центрального пролета – 2. Тензорезисторы наклеены по обе стороны от сечения с двух сторон на удалении 5 мм, что при анализе дает точные показания в исходном сечении.



**Рис. 1.** Схема экспериментальной модели параметрического моста со двойными опорными частями



**Рис. 2.** Узел А



**Рис. 3.** Поперечное сечение модели моста



*Рис. 4. Общий вид моста*



*Рис. 5. Промежуточная опора с двумя опорными частями*


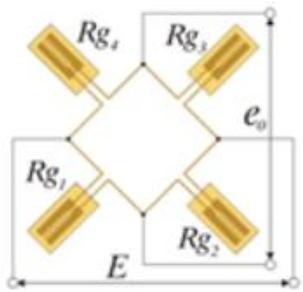


*Рис. 6. Нагрузка в виде гирь*

Основной задачей модельных исследований являлась выявление расчетной схемы конструкции со сдвоенными опорными частями, сравнение теоретических данных с экспериментальными, оценка эффективности конструкции со сдвоенными опорными частями, поиск оптимального расстояния между опорными частями, при котором максимально действует эффект сдвоенных опорных частей.

Таблица 2

Схема подключения тензорезисторов

Наименование	Расстановка датчиков	Схема
4 активных тензорезистора (для измерений деформации изгиба) Число тензорезисторов: 4	 <p>Изгибающая деформация</p>	

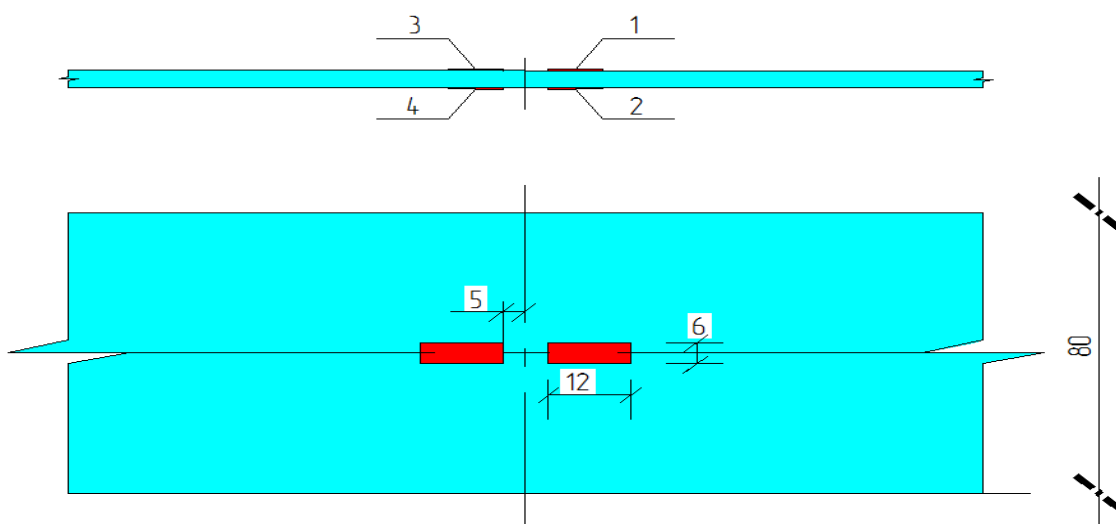
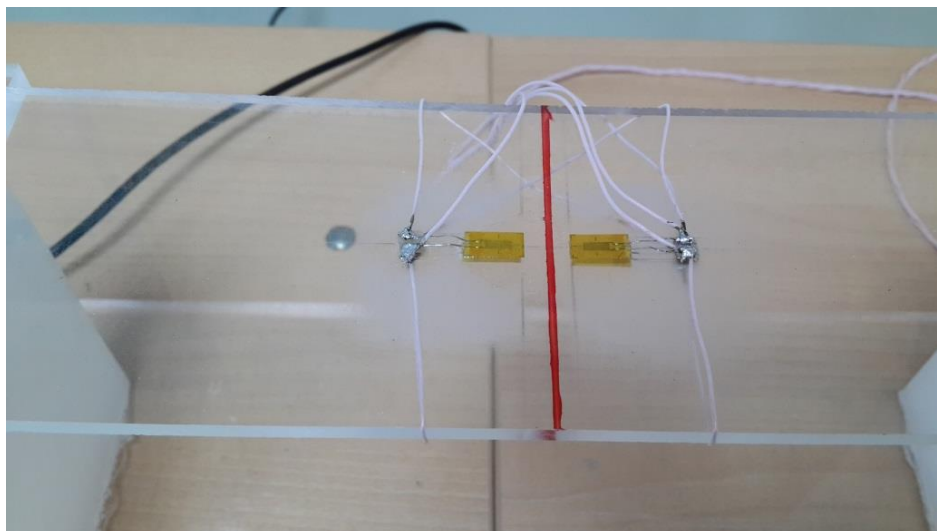
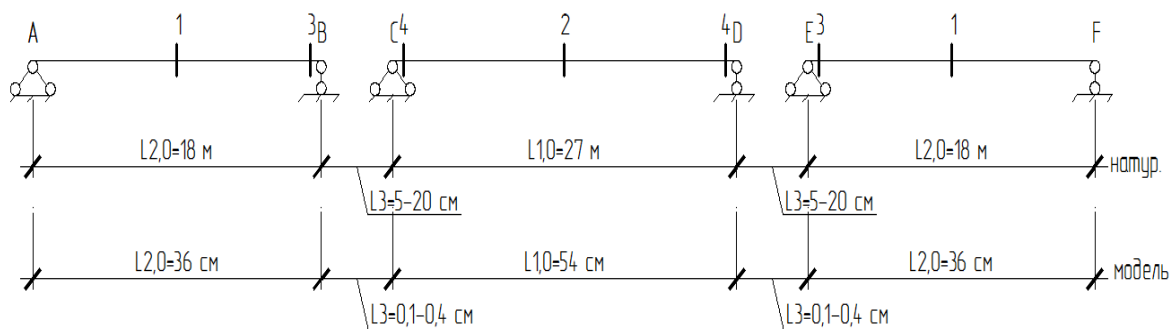


Рис. 7. Наклейка тензорезисторов на пролетном строении



**Рис. 8.** Наклеенные тензорезисторы



**Рис. 9.** Расчетная схема с указанием сечений

### Результаты испытаний модели из органического стекла. Обработка данных

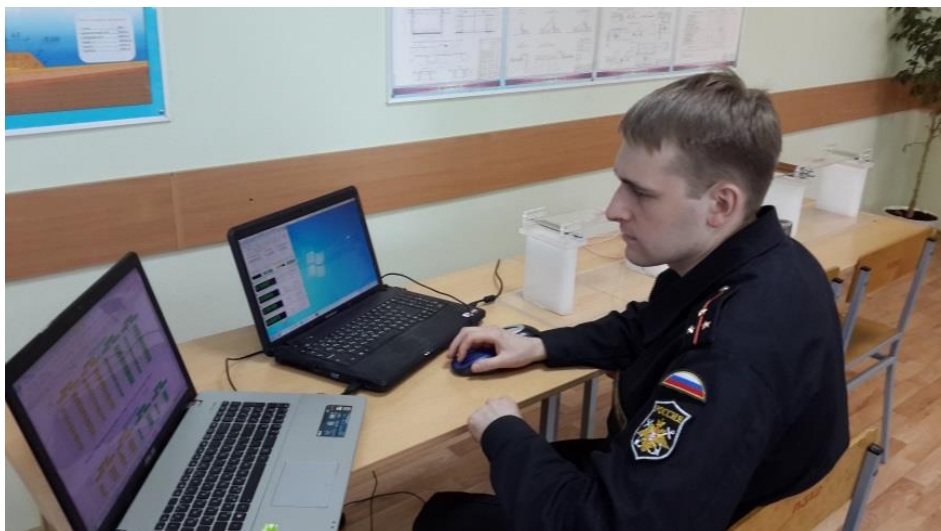
Испытания модели выполнены в два этапа.

Первый этап – загрузка параметрического моста до усиления при разрезной системе.

Второй этап - загрузка параметрического моста после усиления при неразрезной системе со сдвоенными опорными частями.

Схема загрузки испытательной нагрузкой в виде гирь массой 0,5 кг и 0,75 кг в середине крайних и центрального пролетов и выходное напряжение тензорезисторов (мВ/В) по результатам первого и второго этапов испытаний модели параметрического моста до и после усиления сведен воедино, и проведен анализ с помощью персонального компьютера (рисунок 10).





*Рис. 9. Обработка результатов*

От показаний выходного напряжения тензорезисторов перешли к напряжениям.

Обобщенные результаты измерений представлены в таблицах 3, 4.

От напряжений в сечениях модели перешли к изгибающим моментам.

Для мелкомасштабной модели параметрического моста осевой момент инерции принят постоянным (поперечное сечение пролетных строений не изменяется).

На основании этого оцениваем изгибающий момент от прямой зависимости от напряжения, что запишем функционалом (формула 1, таблица 5).

$$M = F(\sigma) \quad (1)$$

**Таблица 3**

**Обобщенные данные по пролету 1**

Нагрузка/ данные	Расстояние Параметр	a=250 мм		a=500 мм		a=750 мм		a=1000 мм	
		До усиления	После усиления	До усиления	После усиления	До усиления	После усиления	До усиления	После усиления
0,5 кг	$e_0$ (мВ)	3,24	2,41	3,082	2,164	2,941	2,06	2,846	2,303
	$e_0/E$ (мВ/В)	0,000814	0,000608	0,000758	0,000541	0,00073	0,000517	0,000711	0,000518
	$\varepsilon_0$	0,00037	0,000276	0,000345	0,000246	0,000332	0,000235	0,000323	0,000235
	$\sigma$ (кПА)	699,3	522,32	651,19	464,76	627,13	444,15	610,81	445,0
0,75 кг	$e_0$ (мВ)	4,502	3,426	4,411	3,139	4,356	2,913	4,056	3,24
	$e_0/E$ (мВ/В)	0,001102	0,000851	0,001097	0,00078	0,001083	0,000735	0,001027	0,000807
	$\varepsilon_0$	0,000501	0,000387	0,000499	0,000355	0,000492	0,000334	0,000467	0,000367
	$\sigma$ (кПА)	946,718	731,086	942,42	670,09	930,39	631,43	882,28	693,28

**Таблица 4**

**Обобщенные данные по пролету 2**

Нагрузка/ данные	Расстояние Параметр	a=250 мм		a=500 мм		a=750 мм		a=1000 мм	
		До усиления	После усиления	До усиления	После усиления	До усиления	После усиления	До усиления	После усиления
0,5 кг	$e_0$ (мВ)	5,063	2,975	4,846	2,686	4,83	2,634	4,873	2,503
	$e_0/E$ (мВ/В)	0,001281	0,000752	0,001224	0,000678	0,001218	0,000658	0,001223	0,00063
	$\varepsilon_0$	0,000582	0,000342	0,000556	0,000308	0,000554	0,000299	0,0005559	0,0002864
	$\sigma$ (кПА)	1100,495	646,0364	1051,527	582,4636	1046,373	565,2818	1050,6682	541,22727
0,75 кг	$e_0$ (мВ)	7,368	4,266	7,031	3,713	7,04	3,527	6,802	3,495
	$e_0/E$ (мВ/В)	0,001862	0,001077	0,001767	0,000926	0,001773	0,000888	0,001708	0,000875
	$\varepsilon_0$	0,000846	0,00049	0,000803	0,000421	0,000806	0,000404	0,000776	0,000398
	$\sigma$ (кПА)	1599,627	925,2409	1518,014	795,5182	1523,168	762,8727	1467,327	751,7045

**Таблица 5**

**Эффект усиления конструкции СДОЧ параметрического моста**

Нагрузка/ расстояние между опорными частями		a=250 мм	a=500 мм	a=750 мм	a=1000 мм	Среднее значение, %
Пролет 1	0,5 кг	25,3	28,63	29,17	27,14	27,56
	0,75 кг	22,77	28,89	32,13	21,42	26,3
Пролет 2	0,5 кг	41,29	44,60	45,97	48,48	45,08
	0,75 кг	42,16	47,59	49,91	48,77	47,10

Сопоставление численных значений показывает, что при усилении конструкцией со сдвоенными опорными частями параметрического моста напряжение в модели, а в свою очередь и изгибающие моменты в середине пролетов уменьшились на 26,3 - 47,1%.

Это означает, что конструкция со сдвоенными опорными частями включает в совместную работу пролетные строения и промежуточные опоры в единую систему, что повышает жесткость моста.

**Выводы по экспериментальным исследованиям работы конструкции со сдвоенными опорными частями на мелкомасштабной модели из органического стекла**

Проведенные исследования показали:

1. Экспериментальные исследования на модели проведены в полном объеме в соответствии с теорией планирования эксперимента [8].
2. Анализ результатов позволяет выявить расчетную схему конструкции со сдвоенными опорными частями путем сравнения с теоретических данными.
3. Расчетная схема принятой конструкции со сдвоенными опорными частями для усиления балочных мостов работоспособна и эффективна.
4. Несущая способность пролетных строений параметрического моста на модели повышается до 47,1 % в процессе изменения расчетной схемы и оптимального расстояния между опорными частями  $a=5-20$  мм на модели, что соответствует  $a=250-1000$  мм для реального моста.
5. Изменение характера работы конструкции во многом зависит от интенсивности увеличения жесткости пролетного строения и опоры в связи с постановкой вертикальных тяжей и объединения балок в неразрезную систему. Повышение жесткости конструкции способствует более равномерному распределению нагрузки на пролетное строение.
6. Конструкция со сдвоенными опорными частями способствует значительному повышению жесткости пролетного строения параметрического моста и существенному повышению его несущей способности.
7. При реализации предлагаемого способа усиления пролетного строения балочных мостов путем конструкции со сдвоенными опорными частями при полученной расчетной схемы улучшаются эксплуатационные характеристики (увеличивается несущая способность в крайнем пролете на 26,3 - 27,56%, в центральном пролете на 45,08 – 47,1%).

8. Эффективность усиления пролетных строений параметрического моста обеспечивается жестким защемление ПС на промежуточных опорах и их совместной работы.

9. Для параметрического моста, разработанного с учетом коэффициентов  $\alpha=0,66\approx 0,7$  и  $\beta=0,02$ , расстояния между опорными частями равняется  $L_3=540$  мм. С учетом экспериментальных исследований наибольший эффект конструкции со сдвоенными опорными частями при усилении данного моста достигается при расстоянии между опорными частями  $a=500-750$  мм, что соответствует теоретическим исследованиям.

10. Экспериментальные данные, полученные в работе, служат для уточнения теоретических исследований конструкции СДОЧ.

11. Эффективность усиления пролетных строений предложенным способом во многом будет зависеть от жесткостных параметров конструкции и от соотношения пролетов.

Материалы экспериментальных исследований на мелкомасштабной модели вошли в научно-исследовательскую работу «Усиление пролетных строений балочных металлических и железобетонных мостов при подготовке сети автомобильных дорог необщего пользования МО РФ» [9] и позволили провести натурный эксперимент на железобетонном путепроводе [10].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пастушков В.Г., Пастушков Г.П. Экспериментальные исследования пространственной работы железобетонных бездиафрагменных пролетных строений на крупномасштабных моделях//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. №2. С.141-151.
2. Николаевский В.Е., Шутов Е.Д., Калинин И.С. К вопросу о выборе конструктивно-технологических решений повышения несущей способности железобетонных пролетных строений мостов//Материалы межвузовской научно-практической конференции. Инновационные технологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре. - СПб: ВА МТО, 2014. С. 159-171.
3. Шутов Е.Д., Калинин И.С. Выбор оптимальных параметров конструкции со сдвоенными опорными частями при усилении балочных мостов// Сборник докладов XVIII научно-методической конференция ВИТУ. Дефекты зданий и сооружений. Усиление строительных конструкций. - СПб: ВИ (ИТ), 2014. С. 141-151.
4. Калинин И.С., Шутов Е.Д., Николаевский В.Е. и др. Конструкция для усиления балочных мостов со сдвоенными опорными частями. Патент на полезную модель №130611. - М.: ФИПС, 2013.
5. Шутов Е.Д., Калинин И.С., Гляков М.Ю. Анализ технического состояния железобетонных балочных мостов на автомобильных дорогах оборонного значения Западного военного округа// Научно-технический сборник. Инв.№4999. - Балашиха: ВТУ, 2013. С. 191-205.
6. Калинин И.С., Шутов Е.Д., Николаевская Л.Л. и др. Мелкомасштабная модель конструкции со сдвоенными опорными частями. Удостоверение на рационализаторское предложение №33 от 21.05.2014. - Балашиха: ВТУ, 2014.
7. Формирование тензометрических мостовых схем [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.zetlab.ru/support/articles/tenzo/tenzo\\_shemi.php](http://www.zetlab.ru/support/articles/tenzo/tenzo_shemi.php), свободный.
8. Сладкова Л.А., Ивановский В.С. Технические основы создания машин. - Балашиха: ВТУ ФАСС, 2010.
9. Калинин И.С., Шутов Е.Д., Николаевский В.Е. Усиление пролетных строений балочных металлических и железобетонных мостов при подготовке сети автомобильных дорог необщего пользования МО РФ//Научно-исследовательская работа. - Балашиха: ВТУ, 2014.
10. Калинин И.С. Экспериментальное усиление путепровода на автомобильной дороге М-9 «Балтия»//Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Транспортное пространство России и Евразийского экономического союза в XXI веке. - Сочи: МАДИ, 2014. С. 89-96.

**Рецензент:** Николаевский Владимир Евстафьевич, заведующий кафедрой 13 (автомобильных дорог, мостов и тоннелей), к.в.н., доцент; ФГБВОУ ВПО «Военно-технический университет» Министерства обороны Российской Федерации.

**Ivan Kalinin**

Military-Technical University of the Ministry of Defense of the Russian Federation  
Russia, Balashikha  
E-Mail: [IvanKalinin1987@yandex.ru](mailto:IvanKalinin1987@yandex.ru)

**Evgenij Shutov**

Military-Technical University of the Ministry of Defense of the Russian Federation  
Russia, Balashikha  
E-Mail: [IvanKalinin1987@yandex.ru](mailto:IvanKalinin1987@yandex.ru)

## **Experimental studies of the structure with dual support parts for the small-scale model**

**Abstract.** Selection of a computational model for the superstructures - a rather difficult task in solving which in many cases requires theoretical and experimental studies. The article presents data on the results of experimental studies of the design with dual support portion to gain girder bridge on a small-scale model of organic glass. The model parameters correspond to the data for the parametric bridge. Studies of the superstructures on the model showed good agreement of theoretical and experimental data. The experimental results are directly related to the identification of the design scheme and design are not considered with the theoretical position based on the theory of elasticity. With the help of a small-scale model developed according to the design scheme changes (from a split in a continuous, in a continuous twin-bearing parts), as well as the variables in the form of goods, places the application loads, conditions pinching superstructures - The laboratory multivariate experiment. The experiment was conducted on the methodological basis for the planning of the experiment. The paper made analysis of the strain gauge data and summarize them to bending moments and stresses in superstructures when exposed to concentrated loads. Spotted design scheme design with dual support portion assessed the effectiveness of this design, search for the optimal distance between the supporting portions at which the maximum is in effect double leg portions. Estimated carrying capacity of the bridge superstructures parametric.

**Keywords:** Dual support parts; experiment; model; parametric bridge; strain gauge station; gages; design scheme.

## REFERENCES

1. Pastushkov V.G., Pastushkov G.P. Jeksperimental'nye issledovanija prostranstvennoj raboty zhelezobonnyh bezdiafragmennyh proletnyh stroenij na krupnomasshtabnyh modeljah//Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. 2011. №2. S.141-151.
2. Nikolaevskij V.E., Shutov E.D., Kalinin I.S. K voprosu o vybore konstruktivno-tehnologicheskikh reshenij povyshenija nesushhej sposobnosti zhelezobonnyh proletnyh stroenij mostov//Materialy mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Innovacionnye tehnologii v mostostroenii i dorozhnoj infrastrukture. - SPb: VA MTO, 2014. S. 159-171.
3. Shutov E.D., Kalinin I.S. Vybor optimal'nyh parametrov konstrukcii so sdvoennymi opornymi chastjami pri usilenii balochnyh mostov// Sbornik dokladov XVIII nauchno-metodicheskoy konferencija VTU. Defekty zdaniy i sooruzhenij. Usilenie stroitel'nyh konstrukcij. - SPb: VI (IT), 2014. S. 141-151.
4. Kalinin I.S., Shutov E.D., Nikolaevskij V.E. i dr. Konstrukcija dlja usilenija balochnyh mostov so sdvoennymi opornymi chastjami. Patent na poleznuju model' №130611. - M.: FIPS, 2013.
5. Shutov E.D., Kalinin I.S., Gljakov M.Ju. Analiz tehničeskogo sostojanija zhelezobonnyh balochnyh mostov na avtomobil'nyh dorogah oboronno go znachenija Zapadnogo voennogo okruga// Nauchno-tehničeskij sbornik. Inv.№4999. - Balashiha: VTU, 2013. S. 191-205.
6. Kalinin I.S., Shutov E.D., Nikolaevskaja L.L. i dr. Melkomasshtabnaja model' konstrukcii so sdvoennymi opornymi chastjami. Udostoverenie na racionalizatorskoe predlozhenie №33 ot 21.05.2014. - Balashiha: VTU, 2014.
7. Formirovanie tenzometriceskikh mostovyh shem [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://www.zetlab.ru/support/articles/tenzo/tenzo\\_shemi.php](http://www.zetlab.ru/support/articles/tenzo/tenzo_shemi.php), svobodnyj.
8. Sladkova L.A., Ivanovskij V.S. Tehničeskie osnovy sozdaniya mashin.- Balashiha: VTU FASS, 2010.
9. Kalinin I.S., Shutov E.D., Nikolaevskij V.E. Usilenie proletnyh stroenij balochnyh metallicheskih i zhelezobonnyh mostov pri podgotovke seti avtomobil'nyh dorog neobshhego pol'zovanija MO RF//Nauchno-issledovatel'skaja rabota. - Balashiha: VTU, 2014.
10. Kalinin I.S. Jeksperimental'noe usilenie puteprovoda na avtomobil'noj dorogi M-9 «Baltija»//Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Transportnoe prostranstvo Rossii i Evrazijskogo jekonomičeskogo sojuza v XXI veke. - Sochi: MADI, 2014. S. 89-96.