

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ БАЛКАМИ В АВТОДОРОЖНОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ПУТЕПРОВОДЕ РАМНО-НЕРАЗРЕЗНОЙ СИСТЕМЫ

Приводятся результаты испытаний путепровода рамно-неразрезной системы, отражающие фактическое распределение временной нагрузки между его главными балками. С фактическим сравнивается распределение, найденное экспериментально-расчётным методом «условной поперечной балки». Отмечено их удовлетворительное совпадение.

Ключевые слова: испытание, путепровод, коэффициент распределения, нагрузка, балка, линия влияния

Вопрос определения максимально возможной величины силового воздействия временных нагрузок на каждый из несущих элементов, моста в целом и его пролётных строений в частности, является основным не только на этапе проектирования сооружения, но и позже – в период его активной эксплуатации.

Так, в особо ответственных случаях при решении проблем, связанных с пропуском сверхнормативных грузов и оценкой фактической грузоподъёмности пролётных строений конкретного моста, проводятся его натурные испытания. Всегда одной из основных задач таких испытаний является выявления фактического характера распределения временной нагрузки между главными балками (плитами) в поперечном сечении пролётных строений. Традиционно эта задача решается путём многократных последовательных установок испытательной нагрузки в различные положения по всей ширине проезжей части пролётного строения и фиксации при этих установках вертикальных прогибов каждой из балок (плит), образующих поперечное сечение.

Проведение натурных испытаний требует временного полного закрытия проезда по сооружению, организацию его объезда, а последнее по местным условиям не всегда возможно. Поэтому важно максимально сокращать продолжительность собственно испытаний, но не в ущерб необходимой точности получаемых результатов.

Одним из направлений такого сокращения является внедрение в мостоиспытательную практику современной измерительной и записывающей аппаратуры, позволяющей проводить испытания мостовых конструкций медленно движущейся нагрузкой с одновременной фиксацией в память компьютера как положения нагрузки на пролётном строении, так и показания всех датчиков, установленных на нем.

С другой стороны, представляется эффективным, позволяющим при чисто статических испытаниях существенно сократить количество необходимых установок нагрузки на пролётном строении, а, следовательно, и продолжительность таких испытаний, применение экспериментально-расчётного метода «условной поперечной балки».

Этот метод [1], [2], [3] дает возможность с приемлемой точностью строить поперечные линии влияния коэффициентов распределения временной нагрузки между балками (плитами) в пролётных строениях автодорожных мостов с однотипными несущими элементами в поперечном сечении. Здесь, в принципе, достаточно всего лишь один раз установить испытательную нагрузку по оси проезжей части в середине пролёта и зафиксировать при этом положение упругую деформацию контура поперечного сечения пролётного строения.

Как показали проведенные исследования, для типовых железобетонных разрезных балочных пролётных строений автодорожных мостов, коэффициенты поперечной установки, рассчитанные по этому методу, дают погрешность не более 5...10 % [3], [4].

Проверить возможность применения указанного метода не только к мостам с разрезной балочной системой пролётных строений, но и к автодорожным мостам и путепроводам рамно-неразрезной системы, железобетонные пролётные строения которых зачастую также состоят из однотипных несущих элементов, можно сравнив результаты испытаний реального сооружения с результатами, полученными методом «условной поперечной балки».

Для такого сравнения выбран путепровод на подъездной дороге к Шахтинскому карьеру в г. Алушта [5].

Путепровод железобетонный трёхпролётный рамно-неразрезной системы типа «бегущая

лать». При этом он ещё и косой в плане (с углом косины 45°), поскольку пересекает автодорогу Алушта – Ялта под острым углом.

Общий вид путепровода приведен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид путепровода

Крайние пролёты путепровода имеют расчётную длину 19,0 м, а средний – 25,0 м.

Ширина проезжей части путепровода 9,0 м; двух боковых пешеходных тротуаров – по 1,0 м каждый.

В поперечном сечении пролётные строения состоят из 12 балок трапециевидальной формы высотой 62 см, расположенных с шагом 1,05 м, и опирающихся на балки железобетонных плит толщиной 18 см.

Вид на пролётное строение снизу представлен на рис. 2.



Рис. 2. Вид на пролётное строение снизу

Все сборные элементы (балки, плиты) имели арматурные выпуски и после монтажа на сплошных подмостях были омоноличены в единую конструкцию.

В надпорных участках стойки промежуточных опор и балки пролётных строений объединены монолитными ригелями в рамно-неразрезную систему

Промежуточные опоры путепровода наклонные, из сборных железобетонных стоек-стенок. Нижние концы стоек промежуточных опор заделаны в монолитные фундаменты на естественном основании.

Расчётная схема и сечения основных конструктивных элементов путепровода представлены на рис. 3.

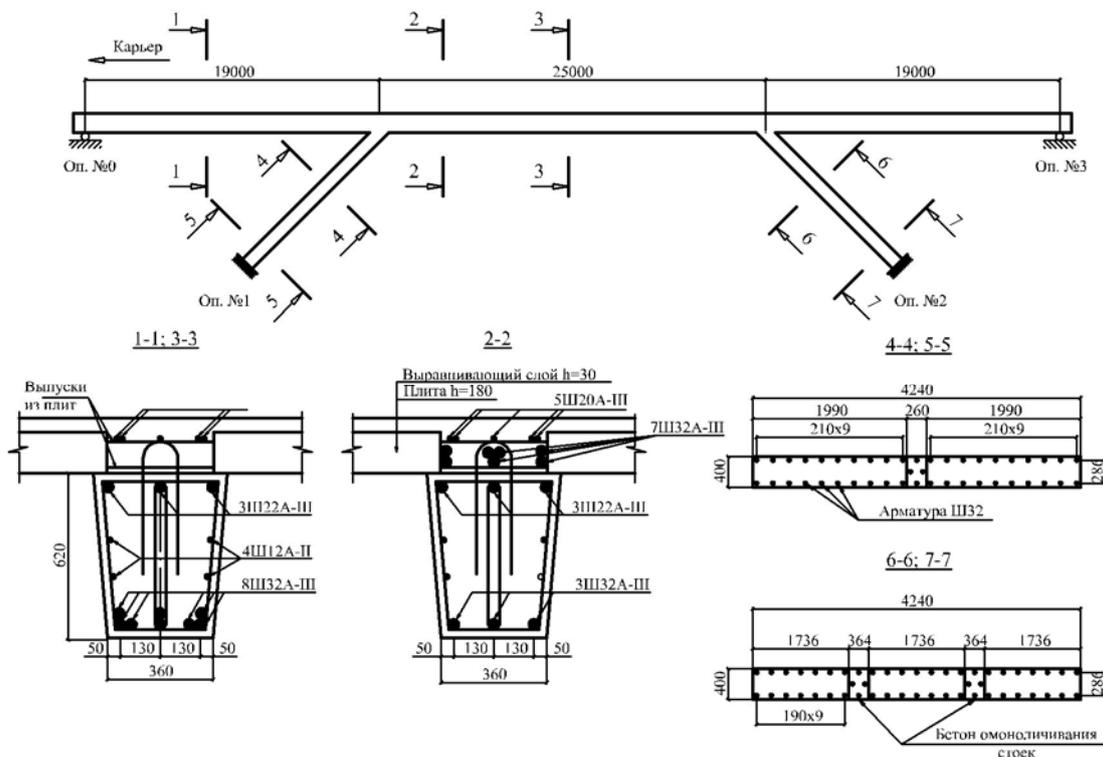


Рис. 3. Расчётная схема и сечения основных конструктивных элементов путепровода

Крайние опоры – обсыпные устои с вертикальными стойками сечением 40×60 см. Количество стоек в каждой опоре – 8 шт.

В верхней части стойки устоев объединены сборным железобетонным ригелем, а в нижней – омоноличены в стаканах, которые опираются на фундаментные плиты.

ОпираНИЕ концевых участков балок на устои осуществляется через резинометаллические опорные части.

Путепровод был построен в середине 70-х годов прошлого века. Проектная нагрузка Н-30 и НК-80. Технические условия проектирования СН-200.

При вводе сооружения в эксплуатацию проводились его натурные испытания, одной из основных задач которых было выяснение фактического распределения временной нагрузки между всеми балками, образующими крайние и средний пролеты путепровода.

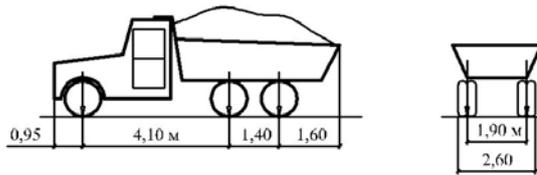
С этой целью фиксировались вертикальные перемещения (прогибы) всех 12-ти балок в середине их длины в одном из крайних, а затем и в среднем пролётах путепровода при 8-ми раз-

личных по ширине проезжей части положениях (установках) груженого автомобиля КраЗ на этих пролётах.

Схемы установок автомашины КраЗ массой с грузом 22,50 т на каждом из пролётов при испытаниях приведены на рис. 4, а результаты измерений упругих прогибов балок крайнего и среднего пролётов путепровода представлены в табл. 1.

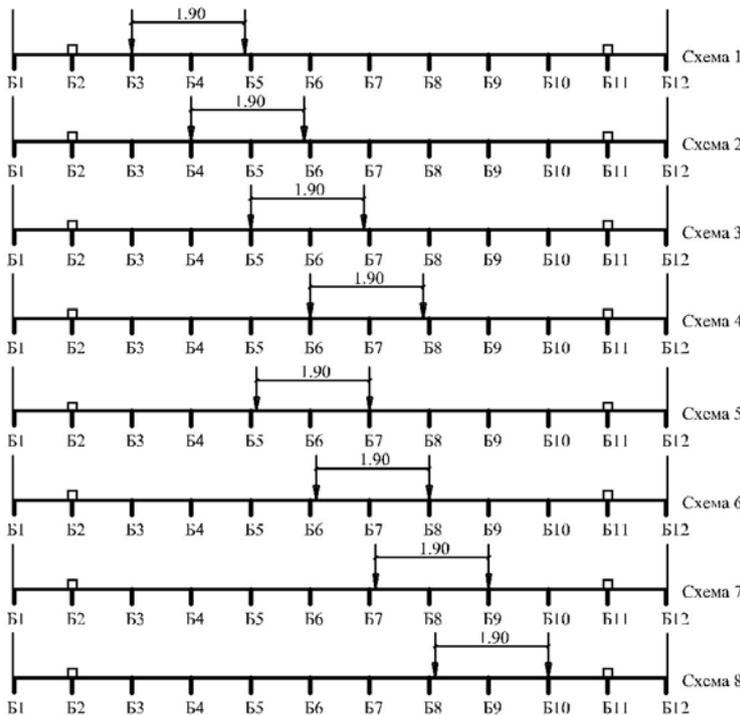
Теперь, если суммировать прогибы всех балок при той или иной установке КраЗ на пролётном строении, а затем прогиб каждой балки разделить на эту сумму, то мы получим численное значение той доли от общей нагрузки, которая приходится на каждую из 12-ти балок.

Таким образом, фактическое распределение нагрузки между балками, образующими поперечное сечение, для каждого конкретного загрузки (установки КраЗа на проезжей части) нам становится известно. Именно с этим «опытным», полученным экспериментально распределением мы и будем сравнивать результаты расчётов, выполненных по методу «условной поперечной балки».



Схемы установки одной автомашины "КраЗ" на пролётном строении

Характеристика нагрузки "КраЗ"
 Вес нагруженного автомобиля - 22,50т
 Давление на заднюю ось - 2х8,95т
 Давление на переднюю ось - 4,60 т



Схемы установки автомашины "КраЗ" вдоль пролета (сечение по оси балки, над которой находится колеса автомашины).

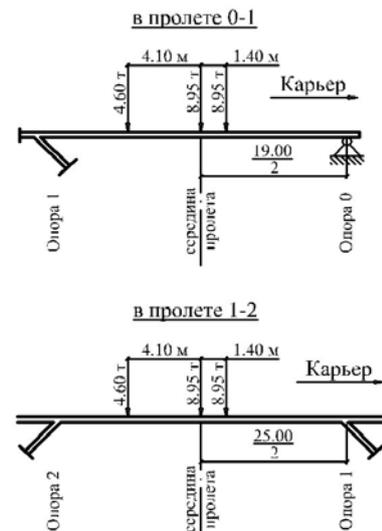


Рис. 4. Схемы установок автомашины КраЗ при испытаниях

Упругие прогибы балок в крайнем и среднем пролётах путепровода, мм

№ балки	Крайний пролёт 0-1								Средний пролёт 1-2							
	Схема установки КрАЗ на проезжей части								Схема установки КрАЗ на проезжей части							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Б1	1,54	1,15	0,85	0,65	0,75	0,55	0,42	0,35	1,80	1,80	1,20	0,84	1,02	0,70	0,59	0,32
Б2	1,82	1,35	1,05	0,85	0,95	0,75	0,59	0,45	2,16	1,82	1,34	1,07	1,10	0,78	0,60	0,37
Б3	2,10	1,63	1,34	1,03	1,22	0,95	0,75	0,65	2,38	2,00	1,52	1,40	1,27	0,96	0,75	0,52
Б4	1,95	1,69	1,46	1,16	1,29	1,07	0,87	0,79	2,41	2,24	1,91	1,54	1,69	1,35	1,00	0,80
Б5	1,70	1,86	1,82	1,56	1,73	1,47	1,18	0,95	2,12	2,16	2,09	1,77	1,93	1,63	1,25	1,10
Б6	1,32	1,66	1,89	1,83	1,85	1,72	1,50	1,13	1,73	2,04	2,20	2,14	2,15	1,99	1,71	1,32
Б7	1,04	1,33	1,80	1,96	1,93	2,06	1,86	1,61	1,36	1,76	2,10	2,33	2,15	2,20	2,10	1,71
Б8	0,79	1,09	1,50	1,84	1,70	1,95	2,05	2,00	1,04	1,33	1,92	2,15	1,89	2,16	2,39	2,13
Б9	0,60	0,86	1,20	1,62	1,41	1,71	2,17	2,40	0,70	1,00	1,36	1,77	1,53	1,89	2,45	2,53
Б10	0,55	0,75	0,95	1,32	1,00	1,41	2,02	2,55	0,50	0,80	1,10	1,50	1,25	1,65	2,30	2,70
Б11	0,39	0,47	0,73	1,05	0,76	1,14	1,75	2,33	0,45	0,66	0,91	1,26	1,05	1,30	2,09	2,64
Б12	0,25	0,36	0,54	0,85	0,67	0,92	1,55	2,20	0,17	0,40	0,59	0,90	0,85	1,00	1,73	2,40

Как уже отмечалось, для реализации метода достаточно знать деформацию контура сечения пролётногo строения (вертикальные упругие прогибы каждой из балок в этом сечении) всего при одной установке испытательной нагрузки на проезжей части. Желательно, что бы нагрузка при этом располагалась симметрично относительно продольной оси пролётногo строения.

В нашем случае такой установки нет, но она может быть создана виртуально, путём объединения (сложения) результатов измерений вертикальных перемещений балок в сечении при установке по схеме № 4 и установке по схеме № 5 (см. рис. 3). Нагрузка на пролётное строение при такой виртуальной установке также складывается, становится симметричной относительно продольной оси моста и состоит из двух КрАЗов весом по 22,5 т каждый.

Порядок всех последующих действий по построению поперечных линий влияния коэффициентов распределения усилий между балками в крайнем и среднем пролётах путепровода ничем не отличается от общего, приведенного в статьях [1], [2], [3]. Отметим лишь, что использование возможностей, предоставляемых программными комплексами «Лира» и «Mathcad» существенно облегчают как саму процедуру

расчёта, так и оформление его конечных результатов.

На рис. 5 и рис. 6 представлены линии влияния коэффициентов распределения нагрузки на балки Б1-Б6 соответственно для крайнего и среднего пролётов путепровода, ординаты которых получены экспериментально-расчётным методом «условной поперечной балки».

Следует обратить внимание на то, что линии влияния для одноимённых балок в крайнем и среднем пролётах путепровода практически ничем между собой не отличаются.

Теперь, имея линии влияния для всех 12-ти балок в сечении пролётных строений, легко подсчитать долю от любой временной нагрузки, приходящуюся на каждую конкретную балку. Такие подсчёты были проделаны для каждой из 8-ми схем установок автомобиля КрАЗ при испытании крайнего, а затем и среднего пролётов путепровода.

На рис. 7-12 представлены гистограммы, позволяющие наглядно сравнить «опытное», полученное экспериментально, распределение временной нагрузки между балками в среднем пролёте путепровода с распределением, найденным по методу «условной поперечной балки».

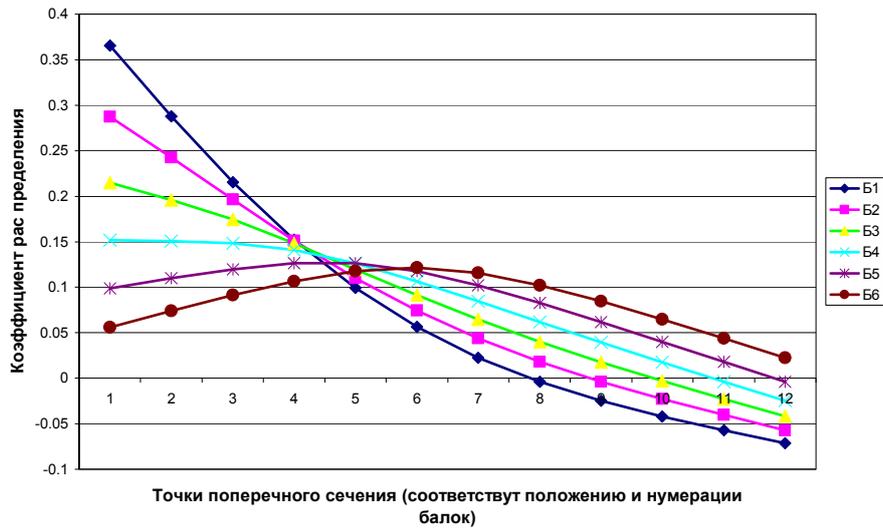


Рис. 5. Поперечные линии влияния коэффициентов распределения давления на балки в крайнем пролёте

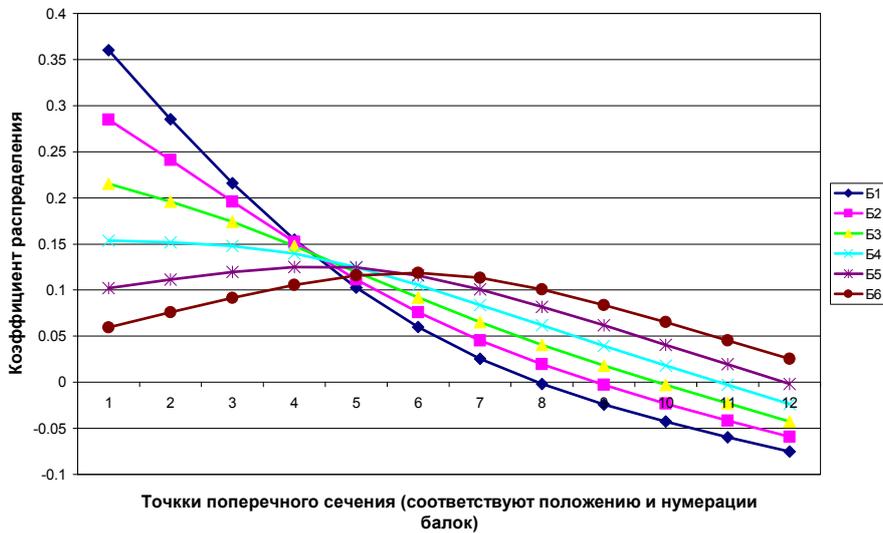


Рис.6. Поперечные линии влияния коэффициентов распределения давления на балки в среднем пролёте

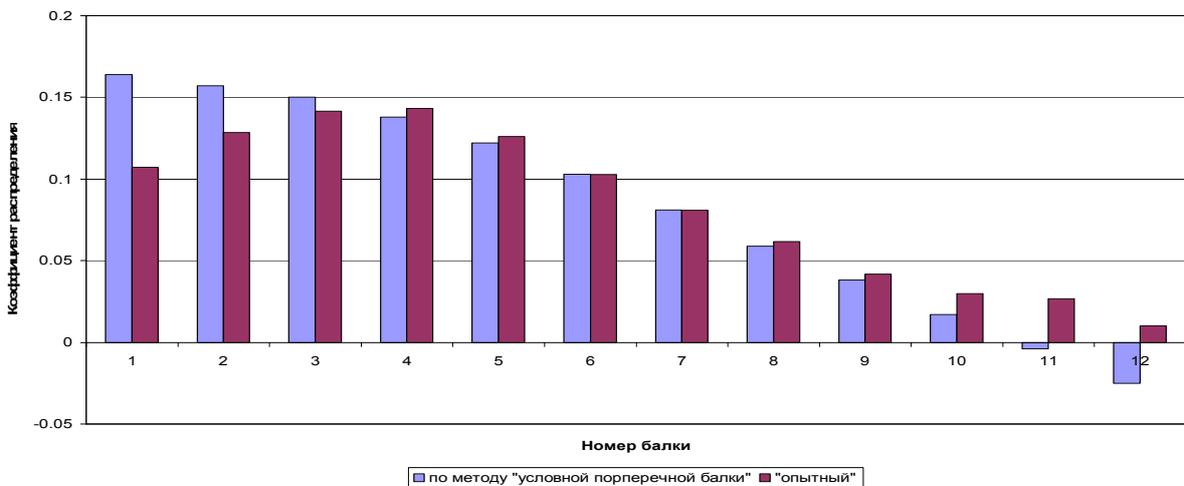


Рис. 7. Гистограмма сравнения коэффициентов распределения давления на главные балки в среднем пролёте путепровода от автомобильной нагрузки, установленной так, что её продольная ось находится на расстоянии 3,05 м от балки Б1 (схема № 1)

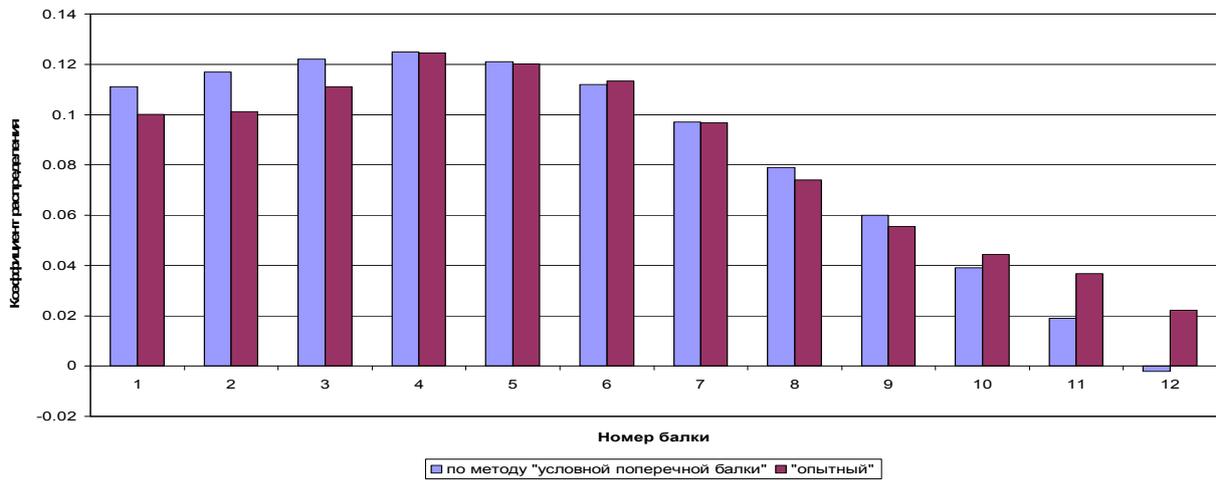


Рис. 8. Гистограмма сравнения коэффициентов распределения давления на главные балки в среднем пролёте путепровода от автомобильной нагрузки, установленной так, что её продольная ось находится на расстоянии 4,10 м от балки Б1 (схема № 2)

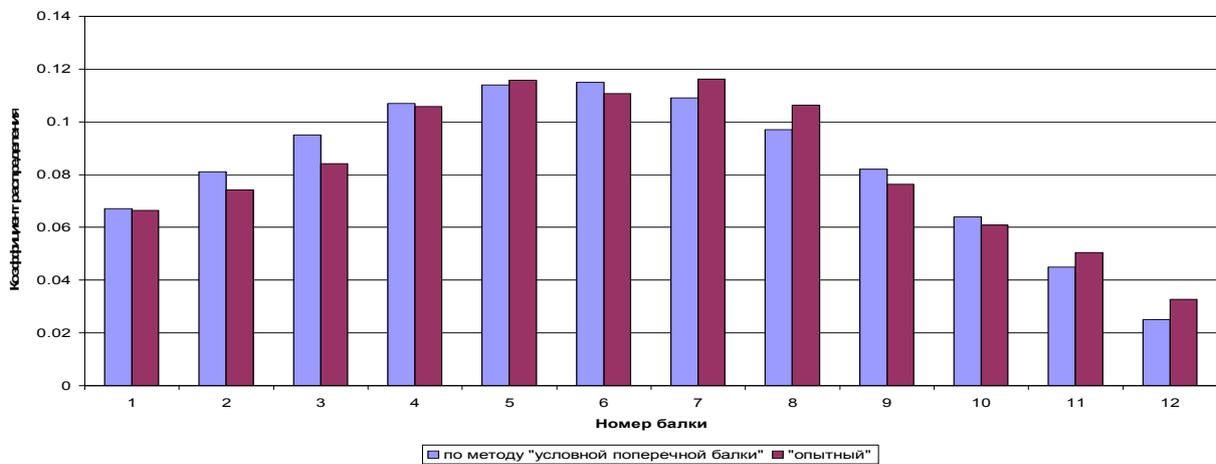


Рис. 9. Гистограмма сравнения коэффициентов распределения давления на главные балки в среднем пролёте путепровода от автомобильной нагрузки, установленной так, что её продольная ось находится на расстоянии 5,15 м от балки Б1 (схема № 3)

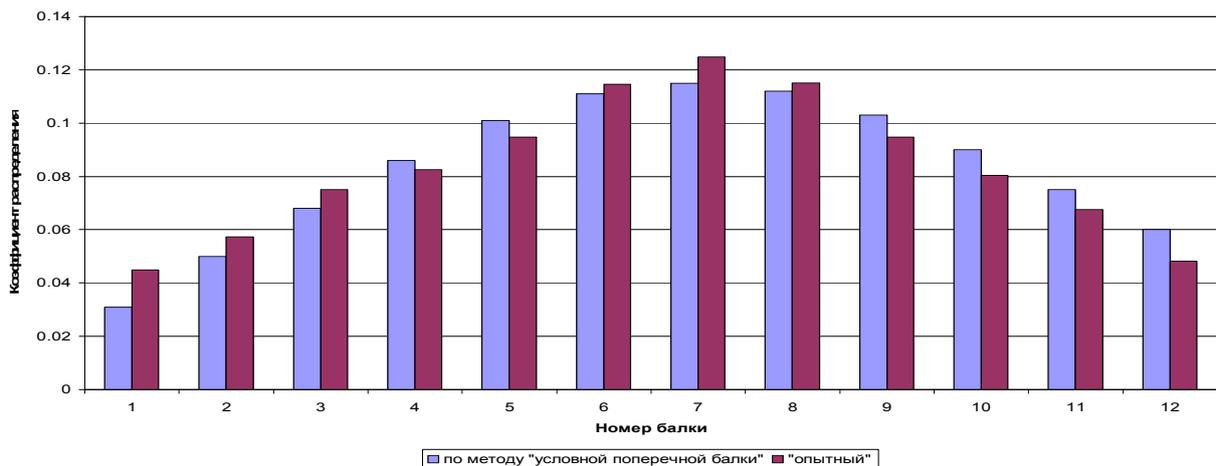


Рис. 10. Гистограмма сравнения коэффициентов распределения давления на главные балки в среднем пролёте путепровода от автомобильной нагрузки, установленной так, что её продольная ось находится на расстоянии 6,20 м от балки Б1 (схема № 4)

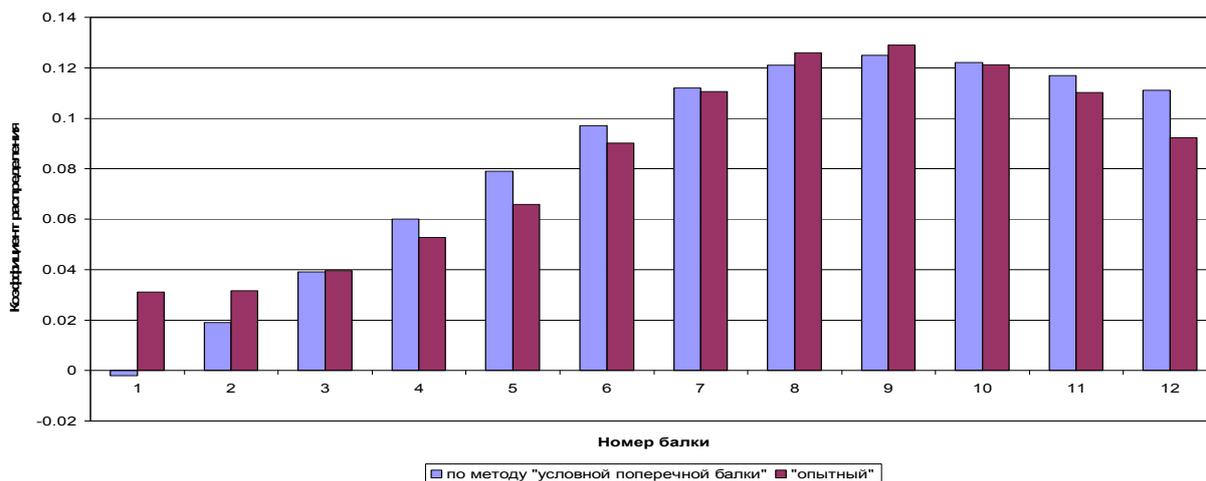


Рис. 11. Гистограмма сравнения коэффициентов распределения давления на главные балки в среднем пролёте путепровода от автомобильной нагрузки, установленной так, что её продольная ось находится на расстоянии 7,45 м от балки Б1 (схема № 7)

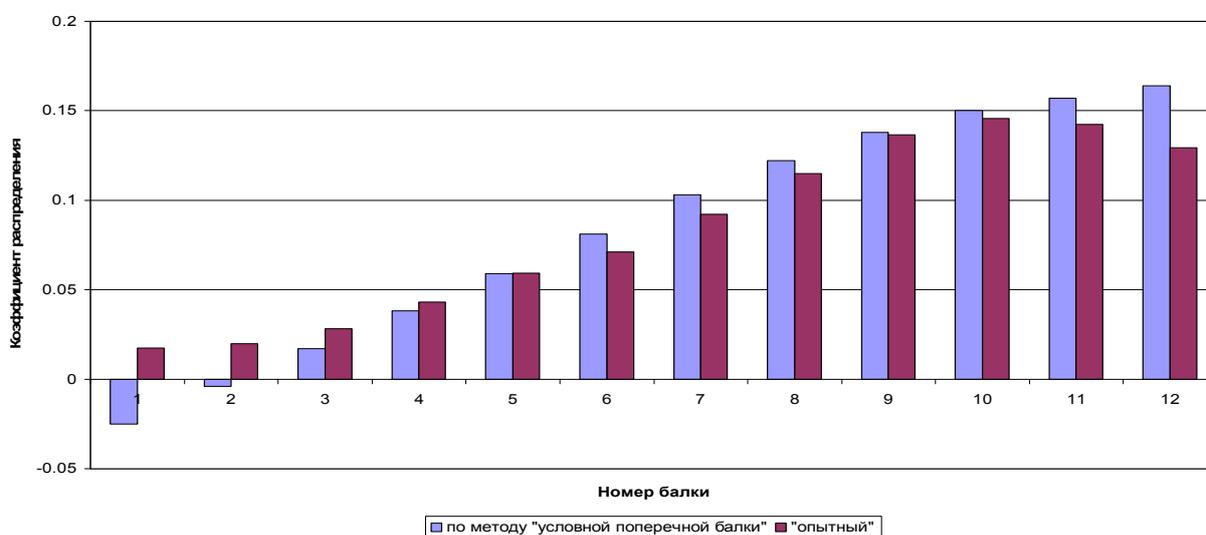


Рис. 12. Гистограмма сравнения коэффициентов распределения давления на главные балки в среднем пролёте путепровода от автомобильной нагрузки, установленной так, что её продольная ось находится на расстоянии 8,50 м от балки Б1 (схема № 8)

Ограниченный объём статьи не позволяет привести в ней гистограммы сравнения по всем восьми установкам испытательной нагрузки в среднем пролёте путепровода и таким же восьми установкам в его крайнем пролёте.

Однако и по приведенным выше гистограммам, и по всем остальным, можно сделать вывод о том, что в целом, полученные экспериментально-расчётным методом результаты распределения временной нагрузки между балками в крайнем и среднем пролётах путепровода, сопоставимы с «опытными».

Наиболее заметные различия между «опытными» и расчётными значениями коэффициентов распределения нагрузки у крайних балок Б1 и Б12. Связано это, скорее всего, с наличием перил и колесоотбоя, которые фактически мо-

гут оказывать некоторое разгружающее влияние на работу основных несущих конструкций путепровода.

Подводя итог можно констатировать, что для железобетонных автодорожных мостов и путепроводов рамно-неразрезной системы с однотипными несущими элементами в поперечном сечении, распределение временной нагрузки между ними с приемлемой точностью может быть найдено экспериментально-расчётным методом «условной поперечной балки».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сухоруков, Б. Д. Метод построения поперечных линий влияния коэффициентов распределения

- усилий между балками в пролётных строениях автодорожных мостов по данным статических испытаний [Текст] / Б. Д. Сухоруков // Вісник ДНУЗТ. – Д.: Вид-во ДНУЗТ. – 2006. – Вип. 12. – С. 202-207.
2. Сухоруков, Б. Д. Нахождение коэффициентов распределения усилий в пролётных строениях эксплуатируемых мостов методом «условной поперечной балки» [Текст] / Б. Д. Сухоруков // Дороги і мости: сб. науч. тр., в 2 т., Т. 2. / ДерждорНДІ – К., 2007. – Вип.7. – С. 228-236.
 3. Сухоруков, Б. Д. Метод «условной поперечной балки» и его точность применительно к железобетонным мостовым пролётным строениям [Текст] / Б. Д. Сухоруков // Строительство, материаловедение, машиностроение, серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения: сб. науч. трудов / ПГАСА. – Д.: 2007. – Вып. 43. – С. 544-550.
 4. Сухоруков, Б. Д. Распределение временной нагрузки между балками в железобетонных пролётных строениях автодорожных мостов [Текст] / Б. Д. Сухоруков // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов / ПГАСА. — Д.: 2012. – Вип. 65 – С. 7.
 5. Обследование и испытания путепровода на подъездной дороге к Шахтинскому карьеру в г. Алушта [Текст]: отчёт о НИР (заключ.) / Днепропетровский ин-т инженеров жел. дор. транспорта; рук. Лысков А. И. испол.: Шугаев В. С. [и др.]. – Днепропетровск, 1975. –76 с. – № ГР 74055876. – Инв. № Б521606.

Поступила в редколлегию 08.06.2012.
Принята к печати 18.06.2012.

СУХОРУКОВ Б. Д. (ДПТ)

РОЗПОДІЛ ТИМЧАСОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ БАЛКАМИ АВТОДОРОЖНЬОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ШЛЯХОПРОВОДУ РАМНО-НЕРОЗРІЗНОЇ СИСТЕМИ

Наводяться результати випробувань шляхопроводу рамно-нерозрізний системи, що відображають фактичний розподіл тимчасового навантаження між його головними балками. З фактичним порівнюється розподіл, що знайдений експериментально-розрахунковим методом «умовної поперечної балки». Відзначено їх задовільний збіг.

Ключові слова: випробування, шляхопровід, коефіцієнт розподілу, навантаження, балка, лінія впливу

SUKHORUKOV B. D. (Dnipropetrovsk National University of Railway Transport)

TEMPORARY LOAD DISTRIBUTION BETWEEN BEAMS IN REINFORCED-CONCRETE HIGHWAY-OVER CROSSING OF FRAME UNSPLIT TYPE

The results of highway- over crossing tests of frame unsplit type are presented. An actual temporary load distribution between the main beams, obtained in the tests, is in a satisfactory agreement with the load distribution calculated with help of “conditional transverse beam” method.

Keywords: tests, highway-over crossing, distribution coefficient, load, beam, influence line