

СССР - МПС

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Инж. Запорожец Д.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ
ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ МОСТОВ С МЕ-
ТАЛЛИЧЕСКИМИ НЕРАЗРЕЗНЫМИ ПРО -
ЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ

(Специальность № 05431 «Искусственные соору-
жения на железнодорожном транспорте»)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1969

НТБ
ДНУЖТ

СССР - МПС

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Инж. Запорожец Д.К.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ
ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ МОСТОВ С МЕ-
ТАЛЛИЧЕСКИМИ НЕПРАВЫМИ ПРО-
ЛЕТНЫМИ СТРОЕНИЯМИ

(Специальность № 05431 «Искусственные соору-
жения на железнодорожном транспорте»)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НАУКОВО-ТЕХНИЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровський інститут інженерів залізничного транспорту
імені академіка С.П. Корольова

Днепропетровск
1969

НТБ
ДНУЖТ

4/229

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта .

Научный руководитель - профессор, доктор технических наук Бондарь Н.Г.

Официальные оппоненты

профессор, доктор технических наук Моргаевский А.Б.

кандидат технических наук, доцент Майзель Ю.М.

Ведущее предприятие - научно-исследовательский институт мостов при Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта

Автореферат разослан 27 декабря 1969 года.

Защита диссертации состоится 12 февраля 1970 г. на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта (г.Днепропетровск, 10 , ул. Университетская, 2. ДИИТ)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института .

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в заседании Ученого Совета, посвященного публичной защите диссертации или прислать свои отзывы в 2 экз. по адресу : г. Днепропетровск, 10. Университетская, 2. ДИИТ .

Ученый секретарь Совета Л.Н. Лебединец

НТБ
ДНУЖТ

В период строительства коммунизма в нашей стране на развитие транспорта выделяются большие капиталовложения. В общем плане транспортного строительства существенное место занимает мостостроение.

Перед мостостроителями поставлена задача наиболее эффективно использовать выделенные на строительство и переустройство мостов средства и обеспечить пропуск поездов по мостам с высокими скоростями. Выполнение этой задачи немислимо без дальнейшего совершенствования мостовых конструкций, уточнения их расчета на динамическое воздействие подвижной нагрузки, применения для мостов высокопрочных сталей и легких сплавов.

С точки зрения экономичного расходования средств, применения высокопрочных сталей для мостовых конструкций и обеспечения высоких скоростей движения поездов по мостам, большой интерес представляют мосты с металлическими неразрезными фермами.

По сравнению с разрезными, неразрезные мосты более экономичны, имеют повышенную жесткость и плавное очертание линии прогибов, лучше приспособлены к навесному монтажу и др. Однако исследований их работы в реальных условиях проведено сравнительно мало, и специфика их поведения при действии реальных динамических нагрузок выявлена еще недостаточно. Исследования в этом направлении представляют интерес.

Исследованию некоторых вопросов динамики мостов с неразрезными пролетными строениями посвящено основное содержание реферлируемой работы, которая состоит из введения, четырех глав и выводов.

Во введении приведены краткие сведения из истории строительства неразрезных мостов, отмечены их достоинства и недоо-

НТБ
ДНУЖТ

тетки, даны краткий обзор отечественных и зарубежных исследований по динамике мостов, а также постановка задачи исследований .

В первой главе рассмотрены методика и результаты экспериментальных исследований динамических характеристик и величин динамического воздействия подвижной нагрузки на неразрезные мосты .

Экспериментальные исследования проведены на девяти неразрезных пролетных строениях с диапазоном пролетов от 43,0 до 176,0 м .Краткие характеристики этих пролетных строений приведены в таблице I .

Таблица I

№ пп	Схема пролетных строений м	Высота ферм м	Расстояние между осями ферм м	Расчетная нагрузка		Материал главных ферм	Нормы проектирования	Год постройки
				Железнодорожн.	Автомобильная			
1	2 x 127,0	14,00	5,78	Н8	-	ст.3 м	ТУПМ47	1954
2	2 x 159,0	24,00	8,50	Н8	Н16	15хСНД	ТУПМ56	1965
3	2 x 159,4	21,00	8,40	Н7	Н13	М16С	ТУПМ47	1957
4	2 x 176,0	24,00	13,60	Н8	Н16	15хСНД	ТУПМ56	1964
5	72,5 + 80,3	8,54	4,00	Н7	-	ст.3 м	ТУПМ47	1948
6	112,3+154,0+ 112,3	14,00	5,79	Н8	-	ст.3 м	ТУПМ47	1951
7	156,3+130,2+ 156,3	19,60	8,20	Н7	-	ст.3 м	ТУПМ31	1934
8	2 x 43,0 ж)	4,40	5,00	Австр.8	-	ст.44	Австр. 53	1961
9	61,3+4x62,7+ 61,3ж)	5,40	3,60	1868	-	железо литое	1868	1870

ж) Мосты испытаны в ЧССР

Из общего числа испытанных пролетных строений шесть с двухпролетными, два - с трехпролетными и один - с шестипролетными неразрезными фермами .

В качестве испытательной нагрузки использовались специальные поезда, сформированные из большегрузных вагонов и тяжеловесных локомотивов в голове и хвосте поезда, а также различные проходящие поезда. Испытания проведены с применением современной тензометрической аппаратуры, с записью измеряемых величин на ленте осциллографов

При испытаниях измерялись прогибы ферм в середине и четвертях каждого пролета, горизонтальные перемещения в уровне верхних и нижних поясов в середине пролета и верха порталов, напряжения в нижних и верхних поясах главных ферм в середине пролетов и у промежуточных опор, а также в некоторых раскосах, продольные перемещения подвижных концов пролетных строений и некоторые другие величины .

Вертикальные динамические прогибы регистрировались прогибомерами с динамометром и проволочной связью, а горизонтальные колебания - инерционными маятниками с индуктивным датчиком. Для измерений напряжений в элементах ферм применялись проволочные датчики сопротивления, из которых собирались полные измерительные мосты.

Для каждого пролетного строения были проведены опыты со 150 и более поездами при различных скоростях движения .

В результате проведенных испытаний исследуемых мостов получены данные, всесторонне характеризующие динамическую работу неразрезных мостов. Некоторые из полученных данных приведены в таблицах 2, 3, 4 и 5 .

ДНУЖТ

Установлено, что опытные значения частот собственных вертикальных и пространственных колебаний первой и второй формы для двухпролетных ферм, а также первой, второй и третьей - для трехпролетных ферм отличаются незначительно. Резонанс по этим формам колебаний имеет место при реальных скоростях движения поездов. По экспериментальным данным получена зависимость частот собственных вертикальных колебаний от приведенной длины пролета l_p в м.

$$\nu_1^o = \frac{10^4}{54 l_p - 1300} \quad ; \quad \nu_1^* = \frac{10^4}{40 l_p - 1100} \quad , \quad (I)$$

где ν_1^o - частота, ограничивающая зону сгущений снизу ;
 ν_1^* - то же сверху ;

$$l_p = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_i^2} \quad , \text{здесь } N - \text{число пролетов неразрезной системы}$$

По осциллограммам вертикальных прогибов и напряжений в поясах ферм, записанным от различных видов подвижной нагрузки при различных скоростях ее движения, определены динамические коэффициенты. В ряде опытов наблюдается небольшое (4 - 6 %) превышение динамической добавки по напряжениям над добавкой, полученной из прогибов.

Неразрезные пролетные строения имеют ту особенность, что не для всех элементов ферм можно оценить динамический коэффициент по прогибам (например, для элементов, расположенных вблизи промежуточных опор). Поэтому при испытаниях мостов, повышенные требования предъявлялись к записям напряжений в поясах ферм.

Наибольшие экспериментальные значения динамического коэффициента значительно меньше расчетных по действующим нормам,

ДЛЯ ЦЕЛЫХ

а приведенные к расчетным нагрузкам экспериментальные значения вертикальных прогибов указывают на повышенную жесткость неразрезных ферм .

Во второй главе приведены исследования структуры спектра частот, плотность распределения частот в последовательных зонах отщупения, а также оценка частот собственных вертикальных колебаний (ограничивающих первую зону отщупения снизу ν_i^0 и сверху ν_i^*) по методике, предложенной Е.С.Сорочкиным, сущность которой заключается в расчленении неразрезной системы на разрезные (парциальные) системы с различным закреплением на концах. Частоты основной системы определяются по формулам

$$\frac{1}{\nu_i^0} = \sqrt[4]{\frac{1}{N} \sum_{z=1}^N \left(\frac{1}{n_z^0}\right)^4} ; \quad \nu_i^* = \sqrt[4]{\frac{1}{N} \sum_{z=1}^N (n_z^*)^4}, \quad (z=1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

где N - число пролетов в неразрезной ферме ;

n_z^0 и n_z^* - частоты парциальных систем, которые можно определить по приближенной формуле

$$n_z = n_z^0 \varphi , \quad (3)$$

здесь n_z^0 - частотный коэффициент, зависящий от закрепления парциальной системы на концах ;

φ - величина, зависящая от характеристик пролетного строения (размеров, жесткости и массы).

Приведенные в таблице 2 сравнения частот ν_i^0 и ν_i^* исследуемых пролетных строений, полученных по формулам (2) и (3) , с их опытными значениями указывают на то, что предлагаемая методика определения этих частот хорошо подтверждается опытами .

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 2

№ п/п	Схемы пролетных строений (в м)	Частоты вертикальных колебаний в гц					
		Внизше $\nu,^\circ$			Высше $\nu,^*$		
		Опыт	Расчет	Разн.,	Опыт	Расчет	Разн.,%
1	2 x I27,7	1,92	1,98	3,0	2,62	2,74	5
2	2 x I59,0	1,36	1,46	7	2,00	2,05	3
3	2 x I59,4	1,31	1,30	1	1,80	1,83	2
4	2 x I76,0	1,18	1,18	0	1,70	1,66	2
5	72,5 + 80,3	3,16	3,12	2	5,10	4,70	8
6	II2,3+I54,0+II2,3	1,62	1,65	2	3,30	3,12	5
7	I56,3+I30,2+I56,3	1,75	1,83	5	-	3,38	-
8	2 x 43,0	4,40	4,44	1	-	6,23	-
9	6I,3+4x62,7+6I,3	2,70	2,85	3	5,90	5,40	9

В главе III приведены исследования пространственных колебаний неразрезных пролетных строений. При этом в качестве расчетной принималась схема с приведенными массами, которые помещались в поясах ферм в середине каждого пролета. Используя принцип Даламбера, для принятой расчетной схемы можно записать систему уравнений колебаний в следующем виде

$$Z_i = -M_i \ddot{Z}_i \delta_{ii} - M_2 \ddot{Z}_2 \delta_{i2} - \dots - M_z \ddot{Z}_z \delta_{iz} - \dots - M_k \ddot{Z}_k \delta_{ik},$$

где M_z - приведенные массы; δ_{iz} - коэффициенты влияния ($i, z = 1, 2, 3, \dots, k$); ($k = 4N$)
 N - число пролетов в неразрезной системе

НИИ
ДНУЖТ

Для упрощения решения поставленной задачи неразрезная (полная) система делится на однопролетные (парциальные) системы путем введения условных разрезов над промежуточными опорами. Таким образом, система с $4N$ степенями свободы сводилась к N независимым системам с четырьмя степенями свободы, частные решения для которых приняты в виде

$$g_i = A_i \sin(\theta t + \psi),$$

где
$$g_i = Z_i \sqrt{M_i}$$

При решении этих систем получены выражения для частот, аналогичные приведенным в работе *)

$$\lambda_{\theta} = \psi_{33} + \psi_{34}; \quad \lambda^3 - R_2 \lambda^2 + R_1 \lambda - R_0 = 0, \quad (4)$$

где

$$\lambda_i = \frac{1}{\theta^2} \quad \psi_{ik} = \delta_{ik} \sqrt{M_i M_k} \quad \theta_i - \text{круговая частота};$$

$$R_i = R(\psi_{ik}). \quad \text{Частоты парциальных систем} \quad \pi_i = \frac{\theta_i}{2\pi}$$

Приведенные массы M_2 определялись из условия равенства кинетической энергии основной системы и системы с приведенными массами. Выражения для коэффициентов приведения масс в зависимости от закрепления ферм на концах получены в следующем виде

- I. Для ферм, опертых на упруго-податливые опоры
а) с шарнирно опертыми концами

*)

Н.Г. Бондарь и др. Динамика железнодорожных мостов.
Изд. Транспорт 1965

НТБ
ДНУЖТ

$$K = 0,5 + 0,14 \frac{\delta_{01}}{\delta_{11}} + 0,137 \left(\frac{\delta_{01}}{\delta_{11}} \right)^2 ; \quad (5)$$

б) один конец защемлен, а другой шарнирно оперт

$$K = 0,45 + 0,263 \frac{\delta_{01}}{\delta_{11}} + 0,30 \left(\frac{\delta_{01}}{\delta_{11}} \right)^2 ; \quad (6)$$

в) оба конца фермы защемлены

$$K = 0,375 + 0,25 \frac{\delta_{01}}{\delta_{11}} + 0,375 \left(\frac{\delta_{01}}{\delta_{11}} \right)^2 ; \quad (7)$$

где δ_{11} - единичное перемещение центра приведения масс за счет податливости ферм ;

δ_{01} - то же за счет податливости порталов

2. Для ферм опертых на жесткие (неподатливые) опоры. Если в формулах (5), (6) и (7) положить $\delta_{01} = 0$, получим значения коэффициента приведения масс для ферм, опертых на неподатливые опоры.

Коэффициенты влияния парциальных систем δ_{i2} определялись с учетом податливостей поперечных связей и порталов. При этом рассматривалась пространственная работа пролетного строения под действием статически приложенных вертикальных и горизонтальных сил. Приняв за лишние неизвестные перерезывающие силы, возникающие в поперечных связях, и решив систему канонических уравнений метода сил

$$A_{i1} X_1 + A_{i2} X_2 + \dots + A_{in} X_n + A_{ip} = 0 ,$$

где A_{in} - перемещения в основной системе от единичных значений лишних неизвестных X_n ; A_{ip} - перемещения от внешних сил ; n - число поперечных связей по длине пролета, полученные выражения для δ_{ik} в следующем виде

НТБ
ДНУЖТ

$$\delta_{ik} = \delta_{ik}(z_1, z_2, z_3, z_0, \Delta c, C)$$

здесь z_1, z_2, z_3 - податливости главных и ветровых ферм; z_0 - податливость порталов; Δc - податливость поперечных связей; C - величина, зависящая от поперечных размеров пролетного строения

Частоты пространственных колебаний неразрезной (основной) системы определяются по соответствующим частотам парциальных систем из зависимостей (2).

Предлагаемая методика проверялась путем сравнения результатов подсчета частот пространственных колебаний исследуемых пролетных строений с экспериментальными данными. Это сравнение помещено в табл. 3.

Исследования форм пространственных колебаний показали, что первой форме этих колебаний (табл. 3) соответствуют горизонтальные колебания с незначительным закручиванием поперечного сечения пролетного строения. Второй форме соответствуют крутильные колебания, сопровождающиеся некоторыми горизонтальными перемещениями и деформацией контура поперечного сечения. Вертикальные колебания не связаны с другими формами колебаний и являются одной из главных форм колебаний.

Из общего числа форм пространственных колебаний на практике чаще всего представляют интерес горизонтальные колебания. Для оценки периодов этих колебаний можно воспользоваться методикой, принятой при определении вертикальных колебаний. Периоды условно разрезанных (парциальных) систем можно определить по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{c}},$$

(8)

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 3

№ пролетных ст-ровений (см. табл. I)	Частоты пространственных колебаний в гц						Частоты вертикальных колебаний в гц	
	1-я форма		2-я форма		3-я форма		Расчет	Опыт
	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт	Расчет	Опыт		
<u>I. Низшие (ограничивающие первую зону сгущ. снизу)</u>								
1	0,77	0,80	1,03	0,98	3,56	-	1,96	1,92
2	0,60	0,63	0,67	0,67	2,36	-	1,40	1,36
3	0,61	0,71	0,83	0,82	1,90	-	1,27	1,31
4	0,69	0,72	1,01	0,91	2,67	-	1,15	1,18
5	1,48	1,37	2,22	1,87	10,30	-	3,40	3,16
6	0,66	0,70	0,84	0,82	3,20	-	1,69	1,62
7	0,71	0,78	1,10	1,14	2,87	-	1,85	1,75
<u>II. Высшие (ограничивающие первую зону сгущ. сверху)</u>								
1	1,11	1,02	1,36	1,38	5,30	-	3,18	2,62
2	0,81	0,88	1,02	1,10	2,90	-	2,24	2,00
3	0,92	0,87	1,10	-	2,72	-	2,02	1,80
4	0,99	0,86	1,39	1,60	2,34	-	1,84	1,70
5	2,40	2,58	3,48	3,10	-	-	5,54	5,10
6	0,88	0,94	1,56	-	5,24	-	3,40	3,30
7	0,88	-	1,70	-	4,32	-	3,75	-

НТБ
ДНУЖТ

где M - приведенная масса пролетного строения ;

$$C = \frac{1}{z_1} + \frac{\beta}{z_2} \quad - \text{расчетная характеристика горизонтальной жесткости}$$

Здесь z - податливость нижней (z_1) и верхней (z_2) ветровых ферм ;

β - коэффициент, учитывающий податливость поперечных связей и порталов (z_0) , его можно

определить по таблице 4 в зависимости от конструкции поперечных связей и отношения податливостей порталов z_0 и верхней ветровой фермы z_2

Подсчет по формулам (8) и (2) периодов горизонтальных колебаний исследуемых пролетных строений хорошо согласуется с экспериментальными данными (табл. 5) .

В четвертой главе приведены исследования динамического воздействия подвижной нагрузки на неразрезные мосты. В результате проведенных динамических испытаний пролетных строений исследуемых мостов накоплено большое количество опытных значений динамических коэффициентов $(1 + \mu)$ и амплитуд вынужденных горизонтальных колебаний (A_r) от воздействия различных видов подвижной нагрузки при различных скоростях ее движения. В силу ряда случайных факторов зависимость между опытными значениями измеренных величин и скоростью движения нагрузки оказалась не функциональной, т.е. распределение опытных величин имеет случайный характер .

Для оценки наибольших вероятных значений динамического коэффициента и амплитуд горизонтальных колебаний произведена статистическая обработка опытных данных как случайных величин. Для статистической обработки опытные значения $1 + \mu$ и A_r

ИЗДАНИЕ
ДНУЖТ

Таблица 4

Характеристика конструкции поперечных связей и отношение $\alpha = \frac{z_0}{z_2}$	β_1^0		β_1^*	
	№ пролета		№ пролета	
	концевой	промежуточный	концевой	промежуточный
1 Для мостов с ездой понизу				
а) В рамках поперечных связей отсутствует сквозное заполнение, величина $\alpha > 3$	0,3	0,8	0,0	0,0
б) Сквозное заполнение поперечных связей на высоте больше чем расстояния между осями главных ферм при $3 \geq \alpha > 2$	0,5	0,8	0,0	0,0
при $2 \geq \alpha > 1$	0,6	0,9	0,3	0,3
и при $\alpha < 1$	0,9-1,0	1,0	0,5	0,5
2 Для мостов с ездой сверху, при наличии сквозного заполнения в порталах и поперечных рамках на всю высоту главных ферм	1,0	1,0	0,75	0,75

Таблица 5

№ пп	Схема пролетных строений	Низшие T^0 в сек			Высшие T^* в сек		
		Опыт	Расчет	Разн. %	Опыт	Расчет	Разн. %
1	2 x I27,7	1,25	1,23	- 2	0,98	0,92	- 7
2	2 x I59,0	1,59	1,55	- 3	1,13	1,19	+ 5
3	2 x I59,4	1,41	1,51	+ 7	1,15	1,09	- 5
4	2 x I76,0	1,39	1,36	- 2	1,16	0,98	- 16
5	72,5+80,3	0,67	0,65	- 3	0,39	0,42	+ 7
6	II2,3+I54,0+II2,3	1,43	1,41	- 1	1,06	1,00	- 6
7	I56,3+I30,2+I56,3	1,28	1,27	- 1	-	0,64	-

группировались в разряды по скоростям. Каждый разряд рассматривался как выборка из общего количества опытов. Для этих разрядов определялись основные числовые характеристики распределения - центр распределения, дисперсия, асимметрия и эксцесс. По числовым характеристикам определялся закон распределения случайных величин в выборках.

Статистическая обработка сводилась к определению доверительных границ математического ожидания и верхней доверительной границы при вероятности $P = 0,99$ с учетом относительной ошибки измерений, которая повысила надежность полученного квадратического отклонения σ_x , а следовательно и верхней доверительной границы исследуемых величин.

Экспериментальные исследования динамического воздействия подвижной нагрузки на неразрезные мосты позволили установить зависимость величины динамического коэффициента неразрезных мостов от длины пролета в виде

$$1 + \mu = 1 + \frac{14}{3D + \lambda}, \quad (9)$$

где λ - длина загрузки линии влияния в м.

Кроме того, получена экспериментально-теоретическая формула для оценки наибольших вероятных значений горизонтальных перемещений:

$$A_{\max} = B \left(\frac{l_z}{b} \right)^2 \frac{[G]}{E} \frac{1}{P+K} \cdot S_r, \quad (10)$$

где

$$B = C \frac{\pi^2 g}{4} \cdot a; \quad S_r = \frac{1}{12 \frac{l_z}{100} - 375 \left(\frac{l_z}{100} \right)^2 - 1,9};$$

НТБ
ДНУЖТ

$\alpha = 1,03 + 0,0018 l_z$ C - коэффициент, зависящий от числа пролетов (N) и номера пролета (z) для двухпролетных ферм ($N=2$), $C_{1,2} = 9,06 \cdot 10^{-3}$ при $N = 3$, $C_{1,3} = 8,82 \cdot 10^{-3}$, $C_2 = 6,75 \cdot 10^{-3}$

Наибольшие ожидаемые значения (при вероятности $P = 0,99$) динамического коэффициента и горизонтальных перемещений для исследуемых пролетных строений помещены в табл. 6. Там же приведены их расчетные значения по формулам (9) и (10)

Таблица 6

Схема пролетных строений в м	Длина загрузки в м	Динамические коэффициенты ($1+\mu$)			Горизонтальные перемещения в мм	
		Вероятные при $P=0,99$	Расчет по формуле (9)	Принятые в проекте моста	Вероятные при $P=0,99$	Расчет по формуле (10)
2 x 127,7	127,7	1,056	1,083	1,172	7,36	7,30
2 x 159,0	159,0	1,054	1,086	1,143	3,12	4,60
2 x 176,0	176,0	1,053	1,062	1,131	3,84	3,60
72,5 + 80,3	72,5	1,119	1,131	1,263	6,67	7,66
" "	80,3	1,120	1,122	1,245	8,40	7,60
" "	152,3	1,057	1,070	1,245	-	-
112,3+154,0+112,3	112,3	1,073	1,092	1,190	4,18	5,40
" "	154,0	1,064	1,070	1,147	4,89	5,70
156,3+130,2+156,3	156,3	1,060	1,069	1,145	5,04	5,76
" "	130,2	1,069	1,081	1,169	4,45	4,10
2 x 43,0	43,0	1,200	1,200	1,340	-	-
61,9+4x62,7+61,9	62,7	1,144	1,149	1,300	-	-

Из приведенных в этой таблице данных видно, что расчетные значения динамического коэффициента по формуле (9) и горизонтальных перемещений по формуле (10) хорошо согласуются с экспериментом .

В ы в о д ы

Динамические характеристики неразрезных пролетных строений существенно отличаются от характеристик разрезных балочных пролетных строений . Поэтому некоторые практические рекомендации по оценке динамического воздействия подвижной нагрузки, полученные на основании исследований разрезных мостов, нельзя распространять на неразрезные мосты .

1. Спектр частот собственных колебаний неразрезных ферм по своей структуре существенно отличается от спектра частот однопролетных ферм. Частоты колебаний неразрезных ферм в спектре образуют последовательные зоны сгущений. Резонанс с частотами, близкими по величине к нижним формам собственных колебаний, имеет место при реальных скоростях движения поездов. Исследование этих частот колебаний представляет практический интерес .

2. Частоты собственных вертикальных колебаний неразрезных пролетных строений, ограничивающие первую зону сгущений снизу ω_1^* и сверху ω_2^* , можно определять по формулам (2) и (3).

Как показало сравнение (табл. 2), подсчет по формулам (2) и (3) хорошо согласуется с опытными данными .

НТБ
ДНУЖТ

3. Проведенные исследования пространственных колебаний неразрезных пролетных строений показали, что вертикальные колебания являются одной из главных форм колебаний. Горизонтальные колебания связаны с крутильными и более сложной формой колебаний и сопровождаются некоторой деформацией контура поперечного сечения.

Как показало сравнение (табл. 3), подсчет частот пространственных колебаний по предлагаемой в работе методике хорошо согласуется с опытными данными.

4. Период горизонтальных колебаний неразрезных систем существенно зависит от податливости поперечных связей и порталов. Для оценки периодов горизонтальных колебаний, ограничивающих первую зону ступеней в спектре частот снизу T^* и сверху T^* , можно использовать формулы (2). Входящие в эти формулы периоды (частоты) парциальных систем удобно определять по формуле (8) (подсчеты по формулам (2) и (8) и их сравнения с опытом см. табл. 5).

5. Наибольшие ожидаемые величины амплитуд горизонтальных колебаний можно оценить по формуле (10). Подсчеты по этой формуле согласуются с экспериментами (табл. 6).

6. На неразрезные мосты подвижная нагрузка оказывает меньшее (по сравнению с разрезными мостами) динамическое воздействие (табл. 5). Следовательно, для неразрезных ферм можно снизить норму динамического коэффициента, введенного действующими нормами. Для определения динамического коэффициента неразрезных ферм мостов можно рекомендовать формулу (9).

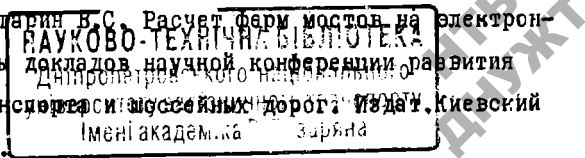
Подсчеты показали, что только за счет снижения нормы динамического коэффициента достигается от 4 до 6 % экономии металла на изготовление неразрезных ферм мостов.

ИЗДАНИЕ
ДНУЖТ

7. Запроектированные по нормам 1931-1962 г.г., мосты с неразрезными фермами имеют некоторый резерв грузоподъемности, который может быть использован при повышении класса обращающихся нагрузок

Основное содержание диссертации опубликовано в перечисленных ниже статьях

1. Запорожец Д.К., Тарасенко В.П., Хохлов А.А. Исследования динамической работы металлических мостов с неразрезными пролетными строениями. Труды ДИИТ"а, вып.64, 1966 .
2. Запорожец Д.К., Хохлов А.А. О динамических коэффициентах для неразрезных и консольных пролетных строений мостов. Труды ДИИТ"а, вып.73, 1968
3. Запорожец Д.К. Об амплитудах горизонтальных колебаний мостов с неразрезными пролетными строениями. Труды ДИИТ"а, вып.89, 1969 .
4. Запорожец Д.К. Исследования пространственных колебаний металлических мостов с неразрезными пролетными строениями. Труды ДИИТ"а, вып.89, 1969 .
5. Запорожец Д.К., Солдатов К.И. Экспериментальные исследования динамической работы металлического моста с неразрезными пролетными строениями неравных пролетов. Труды ДИИТ"а, вып.92, 1969
6. Запорожец Д.К. Исследования пространственных колебаний неравнопролетных металлических неразрезных пролетных строений мостов. Труды ДИИТ"а, вып.92, 1969
7. Запорожец Д.К., Болтарин В.С. Расчет ферм мостов на электронных моделях. Тезисы докладов научной конференции развития автомобильного транспорта в СССР. Киевский университет, 1967



Handwritten signature or initials, possibly 'Д.К. Запорожец'.

8. Валорожец Д.К. О норме динамического коэффициента для мостов с металлическими неразрезными пролетными строениями. Труды ДИИТ"а, вып. II6 (в печати) .

Кроме того, основные разделы работы были доложены на кафедре мостов Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта в период 1966-1969 г., на совещании научно-исследовательских организаций МПС и представителей железных дорог при НИИ мостов г. Ленинград в мае 1969 г., на семинаре Днепропетровского инженерно-строительного института в декабре 1969 г.

НТБ
ДНУЖТ

ДИИТ, р-принт. Зек.№ 550 . Тираж 200 экз.
БТ 0065I, п.л. I, 0

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ