

В. П. ТАРАСЕНКО, В. Н. КОСЯК, В. Л. РЫКИНА (ДИИТ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТ АРОЧНОГО МОСТА С РЕБРИСТЫМИ АРКАМИ С УЧЕТОМ УПРУГОЙ ПОДАТЛИВОСТИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ОПОР

Наведено аналіз технічного стану, розрахунок з урахуванням податливості проміжних опор та рекомендації з реконструкції міського аркового моста будівництва 1903 г.

Приводится анализ технического состояния, расчет с учетом податливости промежуточных опор и рекомендации по реконструкции городского арочного моста постройки 1903 г.

The paper presents an analysis of technical condition, the calculation, taking into account pliability of the supports, and recommendations on reconstruction of the town arch bridge built in 1903 are presented.

На автомобильных дорогах Украины эксплуатируются мосты разных типов, в том числе мосты, запроектированные по старым нормам на нагрузки, более низкие по сравнению с современными нагрузками, и имеющие существенные дефекты, которые влияют на грузоподъемность сооружений.

Проблема использования старых мостов связана с необходимостью проверки их грузоподъемности с учетом имеющихся дефектов и обеспечения безопасности движения транспорта [1]. Методика расчета грузоподъемности существующих разрезных железобетонных балочных автодорожных мостов разработана достаточно подробно. В меньшей степени исследованы особенности работы многопролетных арочных мостов с арками малой подъемности, сложным законом изменения сечения арок с учетом упругой податливости опор.

В данной работе для реального сооружения с целью определения особенности работы неразрезных арок выполнен на ЭВМ расчет арочных пролетных строений трехпролетного моста с учетом изменения очертания оси арок и податливости промежуточных опор.

Работы выполнены в ОНИЛ искусственных сооружений Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна в 2003 году.

Мост расположен в черте г. Верхнеднепровска и пересекает реку Самоткань, небольшой правый приток реки Днепра.

Мост построен в 1903 году и является одним из первых железобетонных арочных мостов на дорогах Украины и России [2].

По конструкции и сроку службы железобетонный мост через реку Самоткань в г. Верхне-

днепровске уникален и относится к типу арочных мостов с ребристыми арками. Мосты этого типа состоят из отдельных арок, нижняя поверхность которых очерчена по кривой, а верхняя горизонтальная или имеет небольшой уклон в сторону устоев и непосредственно связана с плитой проезжей части моста.

Первый мост такой конструкции (система Геннебика) появился в Австрии около Вены в 1900 году [3]. На территории Российской империи первым железобетонным арочным мостом этого типа был мост в г. Верхнеднепровске, схема и детали его конструкции приведены на рис. 1 и 2.

Мост состоит из трех пролетов величиной в свету по 21,34 м (10 саженой) каждый. В поперечном сечении пролетные строения состоят из трех железобетонных ребристых арок. Расстояние между осями арок в поперечном направлении 3,325 м. Подъем арок по нижней образующей равен 1,8 м, что составляет 1/11,86 пролета. Ширина арок у пят 0,40 м, а в замке – 0,25 м. Устои и промежуточные опоры основаны на железобетонных сваях сечением 25×25 и 30×30 см.

При обследовании моста выявлены многочисленные дефекты и повреждения арок и плиты проезжей части пролетных строений.

Мост эксплуатируется на протяжении ста лет и имеет моральный и физический износ в связи с несоответствием расчетных нагрузок, принятых при проектировании, и современных нагрузок, отсутствием современных ограждающих устройств, необходимостью уширения габарита проезда и наличием дефектов пролетных строений, влияющих на грузоподъемность и безопасность движения автотранспорта.

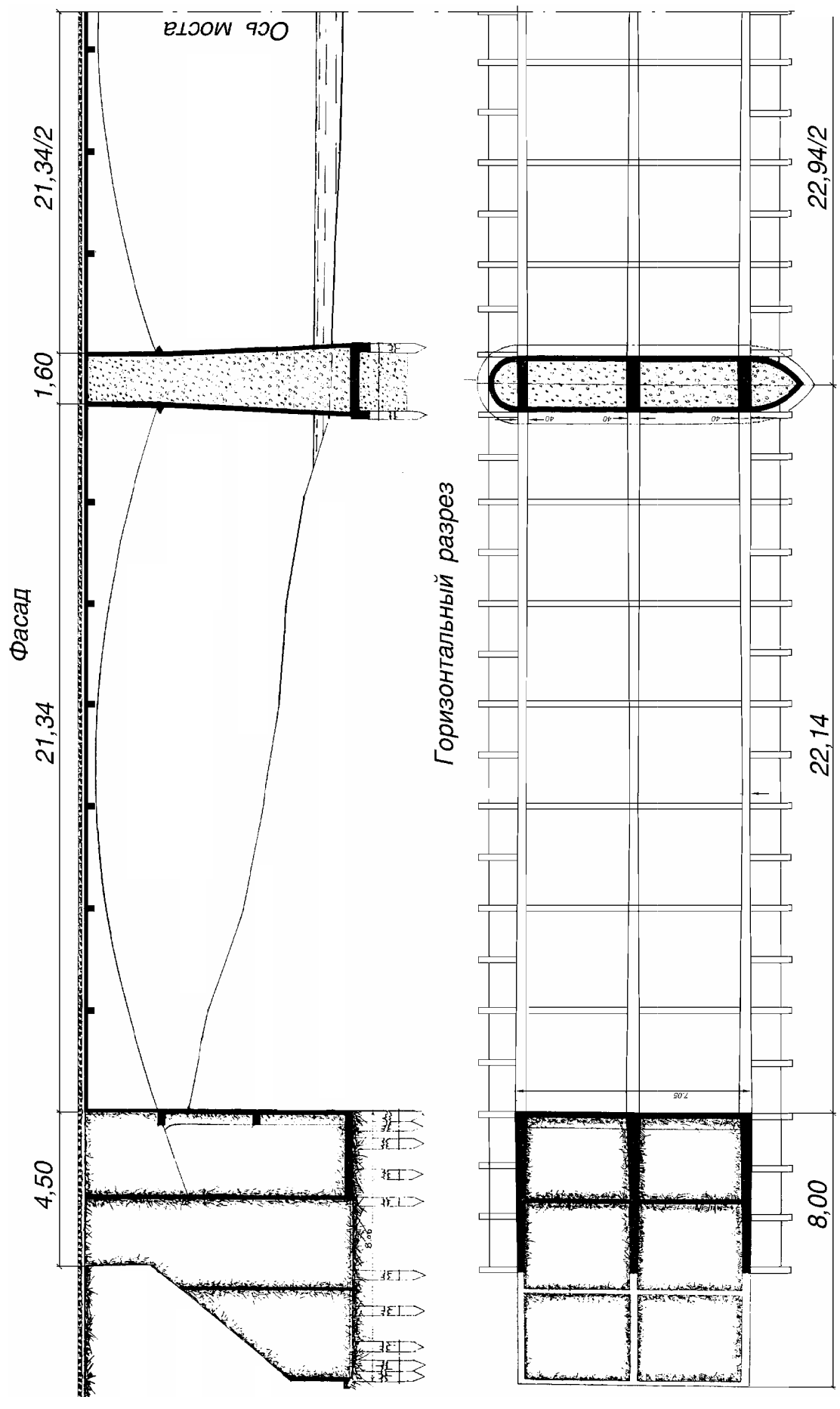


Рис. 1 Схема арочного моста с ребристыми арками

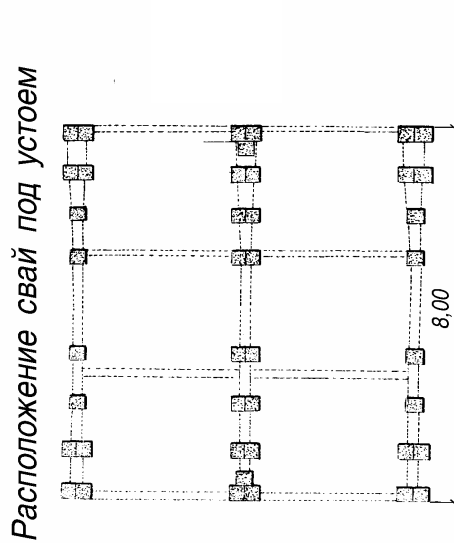
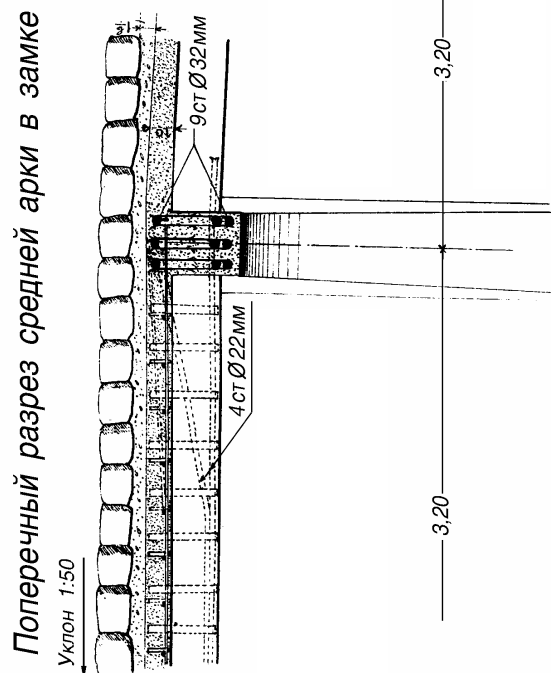
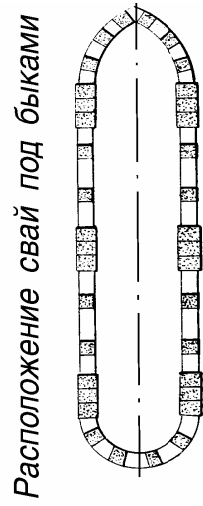
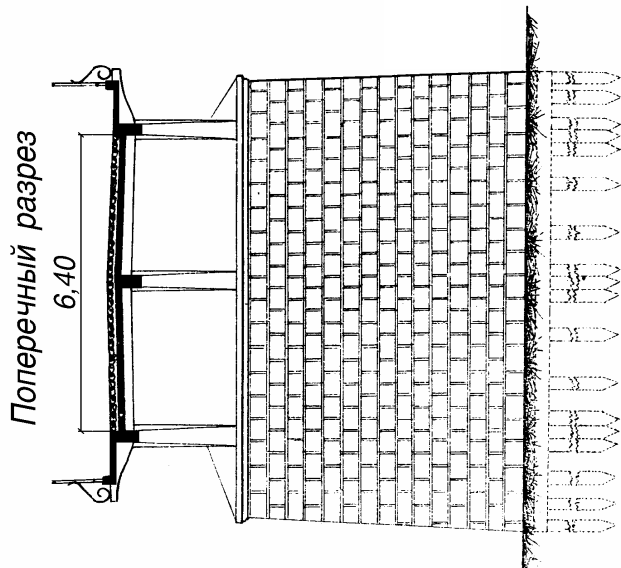
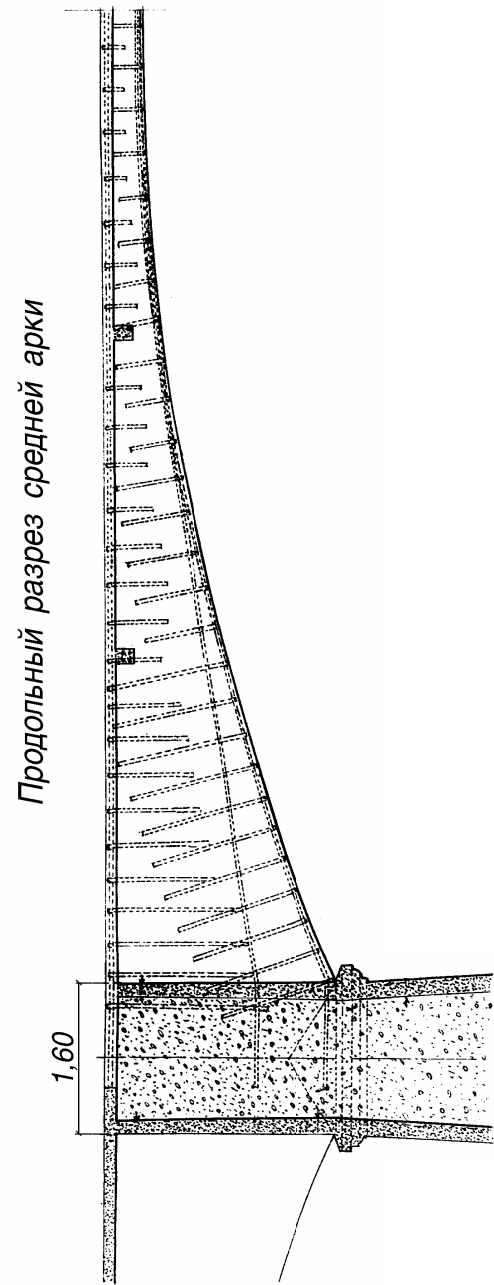


Рис. 2. Детали конструкции моста

В средней части арок первого и третьего пролетов были выявлены местные впадины на длине 8,0...10,0 м величиной до 40...50 мм (на профиле по проезду, по бордюрам и тротуарам), что с учетом повреждений защитного слоя и бетона в нижней части ребер арок может свидетельствовать об остаточных деформациях арок. Состояние устоев и промежуточных опор удовлетворительное. Осадок, сдвигов и кренов опор не выявлено. Вместе с этим следует отметить возможность заметной упругой податливости промежуточных опор моста под действием распора и опорных моментов от временной нагрузки.

Арочные пролетные строения отличаются весьма малой подъемистостью (стрела подъема по центрам тяжести сечений составляет 1/25,02 пролета), сложным законом изменения площади и момента инерции сечений арок и весьма значительным уменьшением сечений от опор к середине пролета. В связи с этим расчет и построение линий влияния усилий в сечениях арок при поперечных расчетах проводились численным методом с использованием метода конечных элементов (МКЭ) и программного комплекса «ИСПА».

Результаты расчета отдельных пролетов моста с ребристыми арками с учетом указанного изменения оси арок из-за провисания их в средней части пролета при отсутствии податливости опор были выполнены ранее и приведены в работе [4].

Расчеты показали, что работа пролетных строений с ребристыми арками с малой подъемистостью и значительным уменьшением сечений арок от опор к середине пролета имеет весьма существенные отличия по сравнению с работой обычных арок. При этом ординаты линий влияния изгибающего момента для опорных сечений и для сечения в замке арок на протяжении всего пролета имеют один знак, а величины изгибающих моментов для сечений у замка арок на порядок ниже по сравнению с изгибающими моментами в опорных сечениях арок.

При расчете с учетом упругой податливости промежуточных опор рассматривалась полная схема моста с разбивкой несущих конструкций на конечные элементы. Каждый пролет арки разбивался на 10 конечных элементов с нумерацией узлов для арок от 1 до 31. Опорным сечениям арок соответствуют номера 1, 11, 21 и 31. Отдельные конечные элементы были учтены для промежуточных опор. Изменение параметров поперечного сечения (площади и момента инерции) по длине каждого элемента принято по линейному закону. Соединение арок с устоями и промежуточными опорами

принято жестким (арки бесшарнирные). Упругая податливость опорных сечений арок происходит за счет продольных, поперечных и угловых деформаций тела промежуточных опор и упругого защемления их в грунте.

Для построения линий влияния усилий N , поперечных сил Q , изгибающих моментов M и перемещений в сечениях арок единичная сила $P=1$ кН последовательно устанавливалась в узлах 2, 3, 4, ..., 16 и для каждой установки выполнялось решение на ЭВМ.

Ординаты линий влияния усилий в узлах системы и перемещений узлов при установке единичной силы в узлах второй половины моста определялись с учетом симметрии системы.

Линии влияния изгибающих моментов M в сечениях арок (узлах) 1, 3, 6, 9, 10_к, 11_н, 13 и 16 показаны на рис. 3 (сечение 10_к расположено в конце конечного элемента 10 – 11, а сечение 11_н – в начале конечного элемента 11–12).

На рис. 4 приведены линии влияния нормальных сил N в сечениях 1, 6, 16 и вертикальных прогибов Y в сечениях 6, 11, 16.

Анализ результатов расчетов показывает, что упругая податливость промежуточных опор трехпролетного арочного моста при рассмотренном очертании оси арок и изменения сечения арок оказывает заметное влияние на очертание и величину ординат линий влияния усилий в арках, особенно для линий влияния нормальных сил в сечениях в начале первого пролета и серединах пролетов.

Линии влияния усилий и вертикальных прогибов для всех сечений арок имеют величины, отличные от нуля, при расположении единичного груза в пределах всей длины моста (см. рис. 3 и 4). При этом наибольшие ординаты для всех линий влияния имеют место при расположении груза в пределах пролета, где находится рассматриваемое сечение. Наибольшие величины ординат линий влияния в пределах соседних пролетов по отношению к максимальным составляют: для нормальных сил 25,5 %, для изгибающих моментов 6,9 % и для вертикальных прогибов 2,9 %.

Наибольшие величины изгибающих моментов возникают в сечениях, примыкающих к концевым и промежуточным опорам, а наименьшие – в сечениях в середине крайних пролетов и среднего пролета моста (см. рис. 3). Максимальные величины прогибов от силы $P=1$ Н в середине крайних пролетов составила $388,5 \cdot 10^{-10}$ м, а в середине среднего пролета – $406,9 \cdot 10^{-10}$ м. Вертикальный прогиб над промежуточными опорами на три порядка ниже.

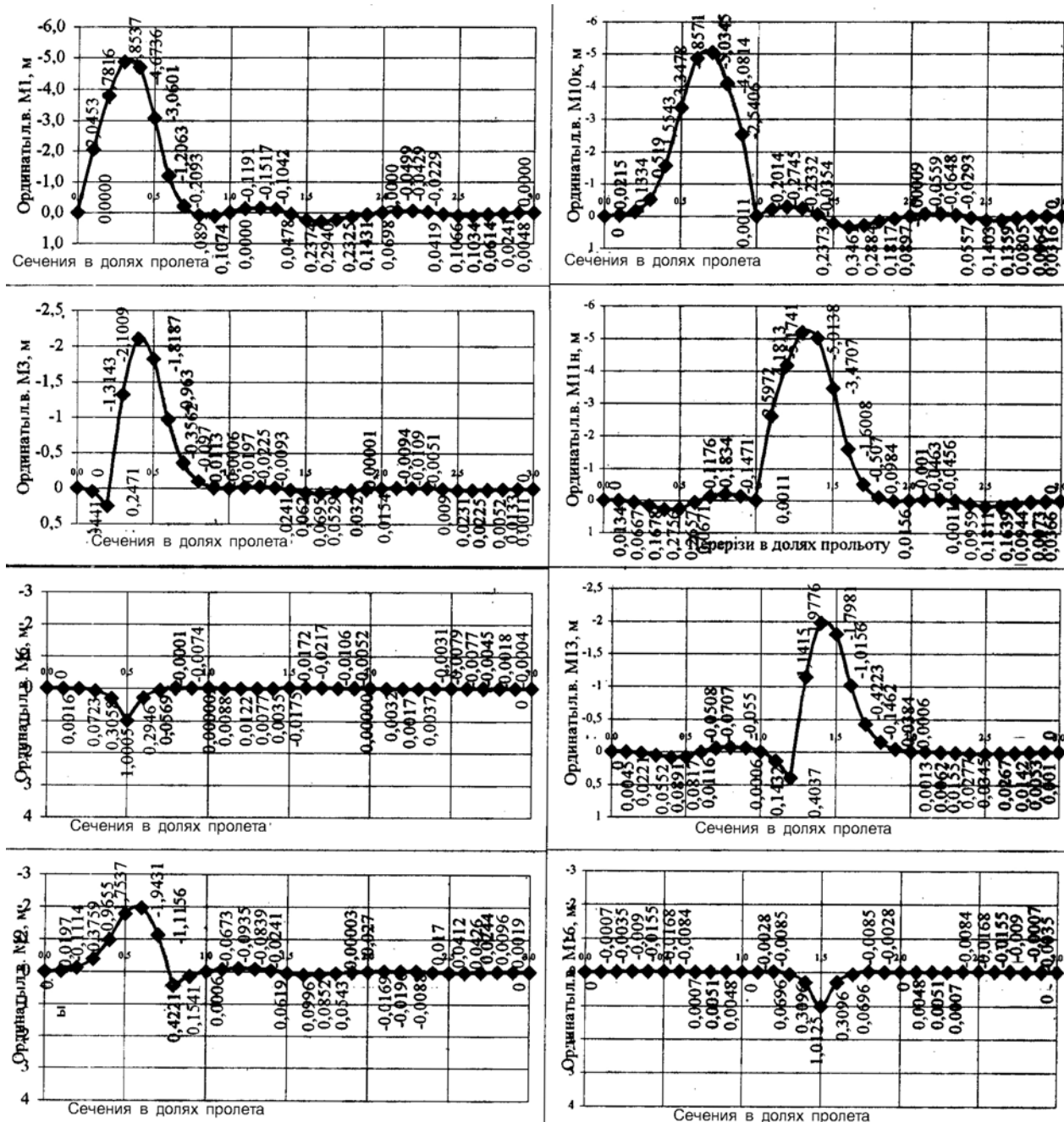


Рис. 3. Линия влияния изгибающих моментов в отдельных сечениях арок

Влияние податливости опор возрастает с увеличением высоты и уменьшением сечения опор.

Для рассматриваемого моста упругая податливость концевых опор (устоев) не учитывалась в связи со значительным размером (до 8,00 м) этих опор по фасаду моста.

В результате проведенного натурного обследования моста и выполненных расчетов установлено, что мост имеет моральный и физический износ арок и плиты проезжей части пролетных строений и не обеспечивает безопасности движения автотранспорта и пешеходов.

Для восстановления нормального движения автотранспорта рекомендовано проведение капитальной реконструкции моста по специальному проекту с усилением существующих арочных пролетных строений путем увеличения по расчету высоты и ширины ребер с добавлением арматуры и устройством накладной плиты, включенной в совместную работу с ребрами, или реконструкция моста с установкой новых железобетонных балочных пролетных строений с одновременным уширением проезжей части и устройством барьерных ограждений.

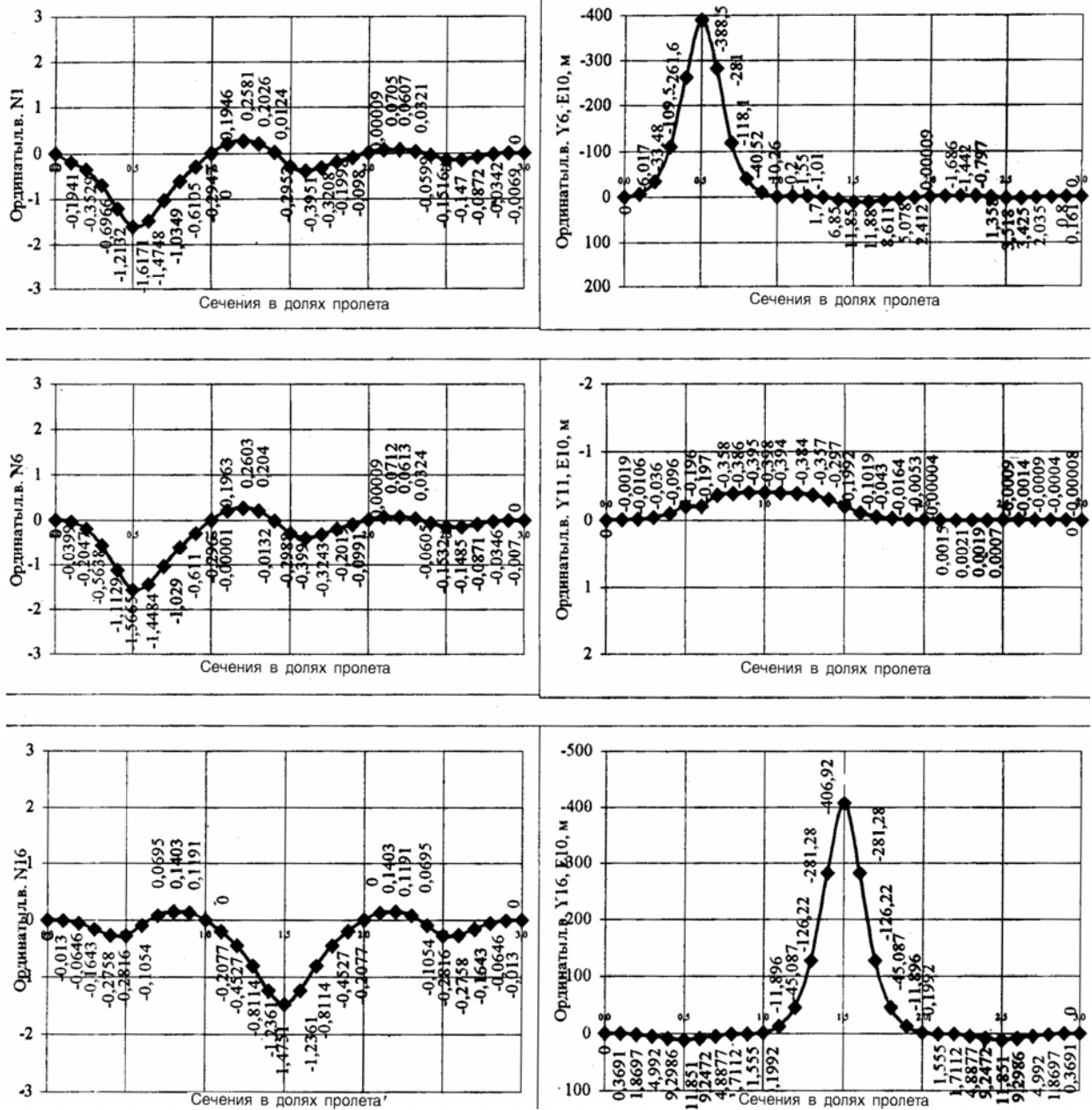


Рис. 4. Линии влияния нормальных сил и вертикальных прогибов арок

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Страхова Н. Є. Експлуатація і реконструкція мостів / Н. Є. Страхова, В. О. Голубєв, П. М. Ковальов и др. За ред. А. І. Лантуха-Лященка. – К., 2000. – 384 с.
2. Успенский Ю. И. Железобетонные мосты и путепроводы в России: Изд. товарищества «Печатня С. П. Яковлева», 1908. – 540 с.
3. Мелан и Гестеши. Железобетонные арочные мосты. / Пер. с нем. под ред. В. В. Григорьева. – М.: Трансжелдориздат, 1939. – 605 с.
4. Тарасенко В. П. Результаты обследования и грузоподъемность арочного моста с ребристыми арками / В. П. Тарасенко, В. Л. Рыкина. Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», № 69. – К.: НТУ, 2004. – С. 241–244.

Поступила в редколлегию 23.07.04.