

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Г. М. ЧОМАХИДЗЕ

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ АРОЧНЫЙ МОСТ С ЖЕСТКОЙ
АРМАТУРОЙ

Между двумя густонаселенными районами города, для обеспечения нормальной связи между ними, взамен двух эксплуатируемых старых металлических балочных мостов малой грузоподъемности, шириной 6 и 8 м, был построен новый арочный мост шириной 25,6 м, который обеспечивает пропуск всех видов современного городского транспорта.

Новый мост железобетонный, двухпролетный (рис. 1), с речным пролетом в 43 м и береговым пролетом в 20 м (автор проекта и руководитель строительства моста Г. М. Чомахидзе, автор архитектур-

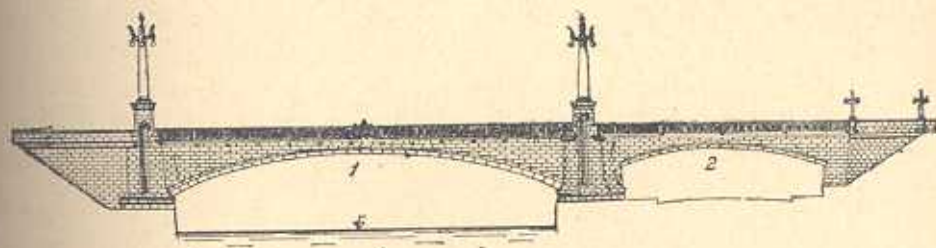


Рис. 1. Общий вид моста. 1—речной пролет; 2—береговой пролет.

ной части проекта арх. С. В. Демчиани). Под береговым пролетным строением моста проходит набережная улица. С целью уравновешивания давления пролетных строений разного пролета на опору моста, береговой пролет был перекрыт сплошным железобетонным сводом со сплошным надсводным строением, а речной пролет тремя отдельными арками с пустотелым вадарочным строением в виде восьмипролетной эстакады с декоративными щековыми стенками. Ширина двух крайних арок равна 4,8 м, а ширина средней арки—6 м. Просветы между арками, шириной по 4,5 м, перекрыты декоративными ребристыми железобетонными плитами. В речном пролетном строении, расчетный пролет арок равен 43,5 м; стрела подъема арок 4,87 м ($l/f=9$); толщина арок в замке 0,7 м; в пяте—1,1 м.

Поперечный разрез речного пролетного строения показан на (рис. 2).

В береговом пролетном строении свод железобетонный (с гибкой арматурой) с расчетным пролетом 20,4 м, и стрелой подъема 2,22 м ($1/f=9,2$); толщина свода в замке 0,55 м, в пьете—0,86 м.

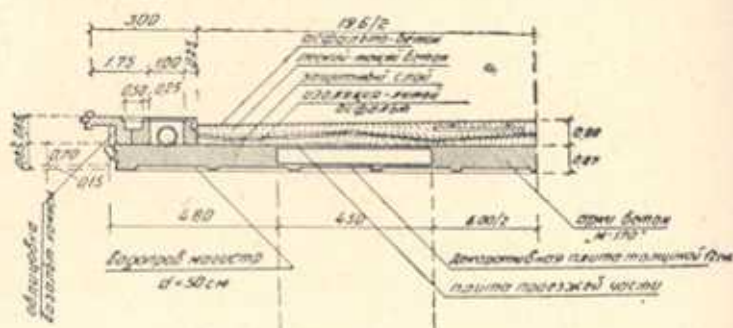


Рис. 2. Поперечный разрез речного пролетного строения в замке.

Русло реки в районе мостового перехода представляет собой узкую горловину с отвесными берегами, сложенными из плотных туфогенных песчаников. Вследствие большой глубины воды в районе мостового перехода и значительной бытовой скорости течения, в речном пролете устройство железобетонных арок с гибкой арматурой, с применением кружал и подмостей, было связано с существенными техническими затруднениями. Было принято решение осуществить железобетонные арки речного пролета с жесткой арматурой, так как в этом случае, при надлежащем использовании стального каркаса арок, отпала необходимость в устройстве лесов и подмостей стесняющих русло реки.

Жесткая арматура арок была спроектирована в виде системы арочных ферм со связями, скомпонованных из прокатных уголков (рис. 3). По проекту предусматривалось монтаж арочных ферм в

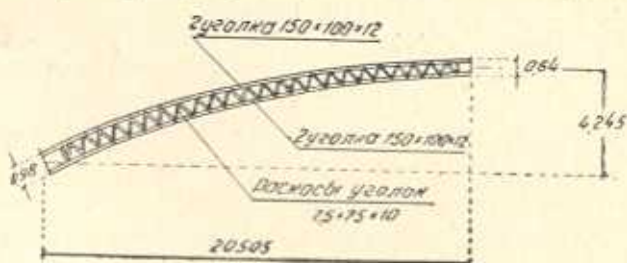


Рис. 3. Схема стальной арочной фермы арки.

пролете произвести навесным способом. Поэтому, арки были спроектированы трехшарнирными. После установки каркаса на место, предполагалось арки перед бетонированием превратить в бесшарнирные. Проектом был разработан определенный порядок бетонирования арок. Арки были разбиты на 24 секции. Бетонировку арок предполагалось произвести посекционно. Был намечен такой порядок бетонирования, при котором расчетные усилия в элементах арочных ферм были бы минимальными (рис. 4).

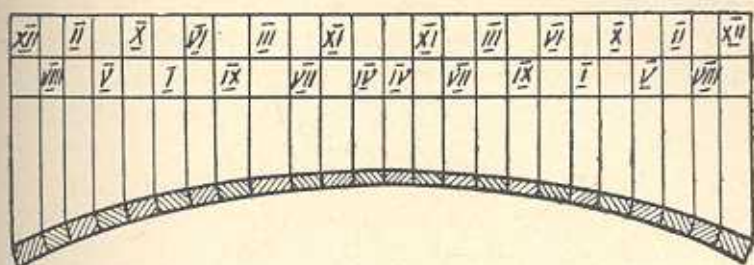


Рис. 4. Схема бетонирования арок речного пролетного строения.
Цифрами показан порядок бетонирования секций арок.

Расчетные напряжения в поясах арочных ферм приведены в следующей таблице.

Таблица максимальных (расчетных) напряжений в поясах стальных арочных ферм речного пролетного строения

Сечение арки	Расчетные напряжения в кг/см ²			
	От собств. веса арочных ферм.	При секционном бетонировании арок* (См. рис. 4)	От собств. веса надарочного строения и временной нагрузки	От собств. веса пролетного строения с учетом температурных колебаний, усадки бетона и от временной нагрузки
В замке	60	772/343	644	1476
В четверти	96	568/458	400	1064
В پایه	60	510/738	765	1563

* В числителе дроби приведены напряжения в верхнем поясе, а в знаменателе дроби—напряжения в нижнем поясе арочных ферм.

Расчетные напряжения в бетоне железобетонных арок речного пролета не превышали 56 кг/см²**.

Строительство моста было начато с возведения опор правого берега из бетона марки „110“. При бетонировке опор речного пролетного строения, в теле опор, на отметке предусмотренной проектом, были заложены металлические закладные части к которым в последующем должны были быть прикреплены арочные фермы. Надводная часть опор облицовывалась базальтовым камнем, причем облицовка поверхностей опор выше отметки неомываемой паводковыми водами была выполнена навесной. Свод берегового пролетного строения возводился общеизвестным способом с помощью деревянных подмостей и кружал на песочницах.

Оригинальными являлись работы по постройке железобетонных арок арочного пролетного строения речного пролета.

Все металлические конструкции, образующие жесткую арматуру моста, изготавливались городским заводом Металлических конструкций.

** Расчетные усилия в железобетонных арках определялись по методу Штраппера—Завриева [1].

Для удобства транспортировки металлоконструкций к месту работ и облегчения их сборки, арочные фермы каркаса изготавливались из отдельных монтажных элементов. Соединение монтажных элементов арочных ферм друг с другом по проекту предусматривалось осуществить с помощью накладок, скрепленных точеными болтами. Так как завод не смог обеспечить соответствующей точности работ, от поставки точеных болтов в последующем пришлось отказаться и заменить их заклепками. Как указывалось выше, сборку арочных ферм, образующих жесткую арматуру моста, предполагалось произвести навесным способом, одновременно с обоих берегов с применением специальных оттяжек. В процессе строительства было решено сборку арочных ферм произвести на стороне, а затем уже в собранном виде фермы подвести к месту установки. Этот порядок производства дал возможность значительно сократить сроки выполнения монтажных операций. Сборку арочных ферм было решено произвести на старом мосту, в непосредственной близости от строящегося моста. Расположить собираемые фермы на отметке соответствующей их проектному положению не представилось возможным, так как этому препятствовали габариты старого моста. Пришлось собираемые арочные фермы несколько приподнять и расположить выше проектной отметки. Это обстоятельство потребовало в дальнейшем произвести не только поперечное перемещение собранных ферм вдоль по течению реки, но и опустить фермы на 2,1 м. По обоим берегам реки были построены деревянные подмости, в виде эстакады, для поперечной передвижки арочных ферм. Эстакадам был придан соответствующий продольный уклон от места сборки к опорам строящегося моста. На подмостях, для поперечной передвижки ферм, был уложен рельсовый путь. Собранные арочные фермы перемещались по рельсам с помощью тележек. Имея в виду, что при передвижке ферм необходимо было преодолеть два довольно резких продольных перелома пути, первый при сходе с горизонтальной площадки, на которой производилась сборка ферм и второй при переходе к горизонтальному участку эстакады у опор строящегося моста, тележки были снабжены шарнирными устройствами.

Всего для армирования речного пролетного строения моста было изготовлено и собрано 20 арочных ферм, в том числе по 6 для крайних арок и 8 для средней арки (рис. 5).

После окончания сборки арочных ферм, на подмостях устроенных на старом мосту, устанавливались связи между фермами одной арки. Пакеты, содержащие по 6 ферм для крайних арок и 8 ферм для средней арки последовательно, поперечной передвижкой, устанавливались в проектное положение. Перемещение пакетов по деревянным эстакадам производилось с помощью тросов и ручных лебедок. Распор пакета арочных ферм, в процессе передвижки, воспринимался затяжками, установленными на уровне проезжей части старого моста.

Попутно отметим, что затяжки из стальных канатов, вследствие их податливости, оказались непригодными для этой цели и их пришлось заменить более жесткими затяжками из стальных уголков. После

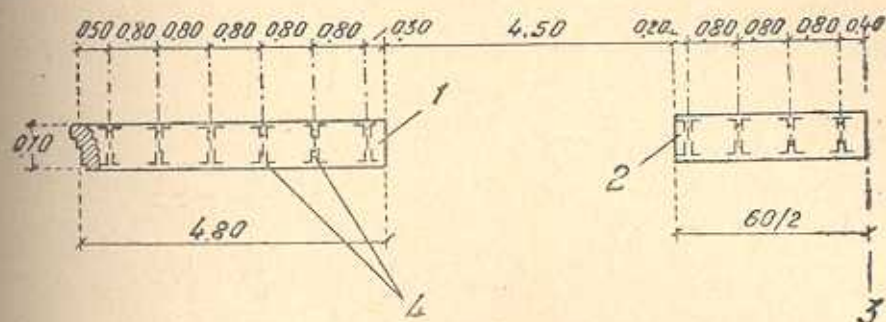


Рис. 5. Расположение арочных ферм в арках речного пролетного строения.

1—сечение крайней арки; 2—сечение средней арки; 3—ось симметрии;
4—арочные фермы.

установки пакетов ферм в проектное положение, концы ферм были приварены к закладным частям, заложенным ранее в опоры моста при их бетонировке. После окончания сборки ферм к ним подвешивались подмости (рис. 6), с помощью которых производи-

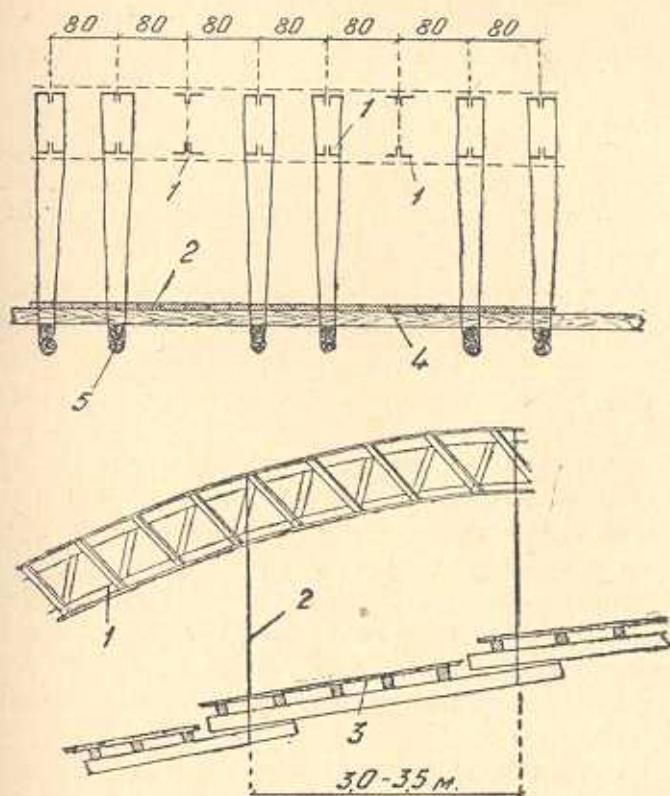


Рис. 6. Подвесные подмости средней арки. 1—арочные фермы;

2—подвески из круглого железа $d=3$ м.м.; 3—досчатый настил; 4—брусья 10×14 см.; 5—брусья $d=16-18$ см.

лись опалубочные работы, а в дальнейшем и работы по распалубке обетонированных арок. Элементы опалубки изготавливались на стороне, доставлялись к месту работ и устанавливались с помощью легкого передвижного крана. Опалубка арок прикреплялась к нижним поясам арочных ферм в соответствии с рис. 7. Исходя из удоб-

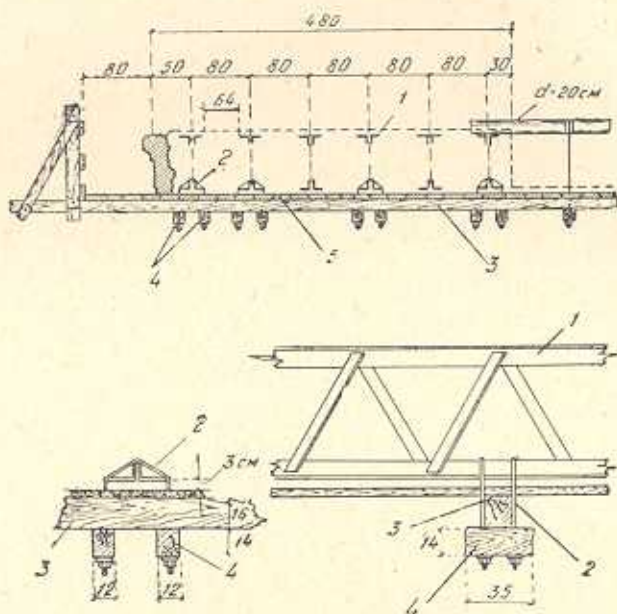


Рис. 7. Подвесная опалубка крайней арки речного пролетного строения. 1—арочные фермы; 2—хомуты из круглого железа $d=19$ мм; 3—брусья сечением 14×16 см; 4—коротыши; 5—досчатый настил из досок $b=4$ см.

ства производства работ, опалубка была устроена на полную ширину арок, включая и просветы между арками. По мере установки опалубки приступали к бетонным работам. В первую очередь бетонировалась крайняя арка, расположенная выше по течению реки. Затем, последовательно бетонировались средняя и низовая арки.

Бетонирование арок производилось в полном соответствии с проектным решением (рис. 4). Подача бетона из бетонного узла, сооруженного на правом берегу, осуществлялась ручными опрокидывающимися вагонетками. С целью подачи бетона непосредственно к месту его укладки, по верху каждого пакета ферм была устроена временная надарочная деревянная эстакада. Бетонирование арок моста производилось бетоном марки „170“, изготовленным на естественной гравийно-песчаной смеси удовлетворительного гранулометрического состава.

С целью сокращения срока строительства, работы производились по совмещенному графику. Например, при бетонировке крайней верхней арки одновременно производилась сборка арочных ферм средней арки; при бетонировке крайней низовой арки над двумя другими

арками возводились элементы надарочного строения. Основные строительные работы по сооружению моста (бетонировка опор, сборка арочных ферм, передвижка и установка пакетов из арочных ферм в проектное положение, бетонировка арок, устройство надарочного строения и проезжей части моста, сооружение берегового арочного пролетного строения, облицовка опор и пролетных строений моста) были закончены за 6 месяцев и 17 дней.

При бетонировании арок производились измерения прогибов арочных ферм с помощью стационарно установленного нивелира. Измерения производились два раза в сутки, в течение всего периода бетонирования, при этом не были обнаружены заметные отклонения осей арок от проектного положения. Кроме того, в процессе бетонирования производились замеры деформаций элементов арочных ферм, датчиками сопротивления из константановой проволоки на бумажной основе. Для того, чтобы не задерживать бетонировку арок, датчики к жесткой арматуре прикреплялись при помощи ацетонового клея. Наклеенные датчики были покрыты слоем пластилина, а затем тавотом и закрыты картоном и металлической коробочкой, покрытой в свою очередь слоем цементного раствора, затворенного на жидком стекле. Проведенные мероприятия все же не предохранили многие датчики от сырости. Только половина установленных датчиков до конца испытаний работала без искажений. Первые показания датчиков фиксировались после бетонировки первых секций арок. Вторые замеры производились при бетонировке трех последующих секций и, наконец, третьи замеры производились при бетонировке всей арки. Измеренные величины напряжений в жесткой арматуре оказались близкими к расчетным. Например, в верхнем поясе арочной фермы, в замке, по показаниям датчиков, установленных на различных фермах, напряжения составляли $705 \div 900 \text{ кг/см}^2$, при расчетном напряжении 772 кг/см^2 . В нижнем поясе, в пяте, измеренные напряжения были равны $627 \div 730 \text{ кг/см}^2$, при расчетном напряжении 738 кг/см^2 .

Построенный мост перед сдачей в эксплуатацию был подвергнут испытанию пробной нагрузкой (испытания на мосту производились под руководством В. А. Бабанова). В частности, на речном пролетном строении, нагрузка состоящая из загруженных камнем грузовых автомашин, располагалась по следующим схемам.

1. Все пролетное строение нагружалось 42 грузовиками, при этом замерялись максимальные прогибы арок и напряжения в арматуре и бетоне.

2. Загружалась половина пролетного строения, при этом определялись деформации и напряжения в четвертях и в пятах арок;

3. Загружалась середина пролетного строения, при этом определялись деформации и напряжения в замковой зоне арок.

Прогибы арок измерялись прогибомерами Н. Н. Максимова. Напряжения в бетоне и арматуре измерялись датчиками сопротивления. Измеренные при испытании моста напряжения в арматуре и бетоне

арок, оказались близкими к расчетным. Максимальный прогиб арок оказался равным 1,2 мм. Столь малая величина измеренного прогиба от пробной нагрузки свидетельствовала о существенном влиянии работы надарочного строения моста.

В течении нескольких лет мост находится в эксплуатации, в условиях интенсивного обращения городского транспорта. За истекший период дефектов в эксплуатируемом сооружении не обнаружено.

Министерство городского и сельского
строительства Грузинской ССР

Поступило 5 I 1957

Գ. Մ. ՉՈՄԱԽԻԶԵ

ԿՈՇՏ ԱՐՄԱՏՈՒՐԱՅՈՎ ԵՐԿԱԹՔԵՏՈՆԱՅԻՆ ԿԱՄԱՐԱՅԻՆ ԿԱՄՈՒՐՋ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Քաղաքի խիտ բնակեցված երկու թաղամասերի միջև նորմալ կապ ապահովելու նպատակով, շահագործվող փոքր բեռնաձևակաթյամբ երկու մետաղական հեծանային կամուրջների փոխարեն, կառուցվել է նոր կամարային կամուրջ, որն ապահովում է քաղաքային ժամանակակից տրանսպորտի բոլոր տեսակների նորմալ երթևեկությունը: Նոր կամարային երկաթբետոնային է, երկթուխքային (նկ. 1), 43 մ ղետային և 20 մ տափնյա թուխքով: Դետային թուխքի կառուցվածքի լայնական կտրվածքը ցույց է տրված նկ. 2-ում:

Կամուրջի տեղամասում ջրի մեծ խորություն և սովորական հասանքի զգալի արագություն պատճառով, ղետային թուխքում ձկուն արմատաբաշտով երկաթբետոնային կամարների կառուցումը, լաստակների օդադործումով, կապված էր տեխնիկական զգալի դժվարությունների հետ: Դրա համար որոշում ընդունվեց ղետային թուխքի երկաթբետոնային կամարներն իրականացնել կոշտ արմատաբաշտով, որովհետև արդ ղեպքում կամարների պողպատե հիմնակմախքը պատշաճ կերպով օդադործելիս, գետի հունը նեղացնելու լաստակների կառուցման անհրաժեշտությունը վերանում էր: Կամարների կոշտ արմատաբան նախագծված էր կապեր ունեցող կամարային ֆերմաների սխեմաի մեով, որոնք համակցված էին զլացված անկյուններից (նկ. 3): Նախագծով մշակված էր կամարների բետոնման որոշակի կարգ: Կամարները բաժանված էին 24 սեկցիաների: Կամարների բետոնումը կատարվում էր ըստ սեկցիաների (նկ. 4):

Կամարային ֆերմաների զոտիններում առաջացող լարումների հաշվարկումային մեծությունները բերված են հոդվածի աղյուսակում:

Կամուրջի ղետային թուխքային կառուցվածքի համար պատրաստվել ո հավաքվել էին բնդամենը 20 կամարային ֆերմաներ (նկ. 5):

Հին կամարջի վրա կառուցված լաստակների վրա կամարային ֆերմաների հավաքումից հետո, մի կամարի ֆերմաների միջև կապեր էին տեղակայվում: Կապոցները, որոնք պարունակում էին 6 ֆերմաներ տափնյա կամարների համար և 8 ֆերմաներ միջին կամարի համար, հաջորդաբար, լայ-

նական տեղափոխման միջոցով տեղակարգում էին նախագծային դիրքում: Կապոցների տեղաշարժումը փախտե էստակադաների վրայով կատարվում էր նոպանների և ձեռքի կարապիկների օգնությամբ: Ֆերմաների հավաքումից հետո, նրանց տակից կախվում էին լաստակները (նկ. 6), որոնց օգնությամբ կատարվում էին փախտե կաղապարով շրջափակման, իսկ հետագայում նաև բետոնված կամարները այդ կաղապարներից ազատելու աշխատանքները: Փայտե կպվածքի տարրերը, որոնք պատրաստվում էին ուրիշ տեղ, տեղափոխվում ու տեղակարգվում էին շարժական թեթև կոունկի միջոցով: Կամարների կպվածքը ամրակցվում էր կամարային ֆերմաների ներքևի գոտիներին նկ. 7-ի համաձայն: Հետո հաջորդաբար բետոնվում էին կամուրջի կամարները: Բետոնի մատուցումը կատարվում էր ձեռքի շրջվող վազոնիկների միջոցով բետոնային հանգույցից, որը կառուցված էր կամուրջից շատ մոտ, գետի աջ ափում:

Կամուրջի կառուցման հիմնական շինարարական աշխատանքները (հիմքերի բետոնումը, կամարային ֆերմաների հավաքումը, կամարային ֆերմաների կապոցների տեղակարգումը նախագծային դիրքում, կամարների բետոնումը, կամուրջի վերնակամարային շինվածքի կառուցումը, առափնյա կամարային թռիչքային շինվածքի կառուցումը, կամուրջի թռիչքային շինվածքների և հիմքերի երեսապատումը) ավարտվեցին 6 ամիս 17 օրում:

Կամարների բետոնման ժամանակ կատարվում էին կամարային ֆերմաների ձկվածքների չափում, հարթաչափի օգնությամբ: Բացի դրանից, բետոնման պրոցեսում չափվում էին կամարային ֆերմաների տարրերի գեֆորմացիաները լարային տվիչների միջոցով:

Կոշտ արմատառարյում չափված լարումների մեծությունները շատ մոտ էին հաշվարկման տվյալներին: Այսպես, օրինակ, տարրեր ֆերմաների վերին գոտու փականներում ըստ տվիչների լարումները կազմում էին 705—900 կգ/սմ², իսկ ըստ հաշվարկման՝ 772 կգ/սմ²:

Կառուցված կամուրջը շահագործման հանձնելուց առաջ փորձարկման ենթարկվեց փորձնական բեռնավորման միջոցով: Մի քանի տարի է կամուրջը գտնվում է շահագործման մեջ, քաղաքային տրանսպորտի ինտենսիվ շրջանառություն պայմաններում: Անցած ժամանակաշրջանում շահագործվող կառուցվածքում արասներ չեն հայտնաբերվել:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. К. С. Загрюев. Расчет арочных мостов. Трансжелдориздат. М., 1956.