

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра автомобильных дорог

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ

**Методические указания
по выполнению дипломного проекта**

Факультет: инженерно-строительный

Специальность 08.05.02 – Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей

Направление подготовки 08.03.01 – Строительство

Профиль подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

ВОЛОГДА

2016

Реконструкция мостов: методические указания по выполнению дипломного проекта. – Вологда: ВоГУ, 2016. – 16 с.

Поскольку в настоящее время специальной учебной литературы по реконструкции мостовых сооружений не существует, а также отсутствует и нормативная литература по указанной проблеме, методические указания разработаны на основе научных статей, опубликованных в основном в журналах «Автомобильные дороги» и «Транспортное строительство», а также в некоторых других источниках.

В указаниях изложены основные причины, вызывающие необходимость реконструкции мостовых сооружений. Для решения проблем долговечности мостов автором методических указаний выделяются два направления в этой области: реконструкция и адаптация старых мостов к современным требованиям по нагрузке и пропускной способности (габаритам); проектирование новых сооружений с учётом возможной в дальнейшем их модернизации.

Усиление опор и фундаментов в русловой части реки под защитой шпунтового ограждения, а также подъём пролетных строений для ремонта и усиления ригелей и другие виды работ по реконструкции являются сложными и достаточно интересными задачами, которые в методических указаниях изложены на хорошем уровне, в достаточной для понимания студентами форме.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель: И.Н. Старишко, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: В.И. Игонин, д-р техн. наук, профессор

1. Причины, вызывающие необходимость проектирования реконструкции мостов и труб на автомобильных дорогах

Развитие транспортных связей в системе народного хозяйства России вызвало резкий рост выпуска автомобилей грузового парка, увеличение их габаритов и грузоподъемности, а также ежегодное значительное увеличение интенсивности движения практически на всех автомобильных дорогах страны. Так как большинство мостов на автодорогах по своим габаритам и грузоподъемности не были рассчитаны на такую перспективу роста интенсивности движения и увеличения транспортных нагрузок, в том числе перспективных, дорожники страны столкнулись с необходимостью реконструкции все возрастающего числа существующих мостов, их усиления и уширения. Уже свыше 30 лет ведутся эти работы, главным образом, за счет средств, отпускаемых на капитальные ремонты мостов. Большое разнообразие в конструкциях и эксплуатационных параметрах этих мостов, непрерывные изменения конструкций, изготавливаемых на заводах МЖБК, отсутствие каких-либо нормативных и вообще достаточно развернутых указаний и рекомендаций по реконструкции мостов и труб, в первую очередь по уширению мостов, а также низкий уровень проектирования, выполняемого, в основном, местными проектными организациями, привели к тому, что большинство реконструированных мостов не удовлетворяют эксплуатационным требованиям, нуждаются в выполнении ежегодных значительных ремонтных работ, грузоподъемность их снизилась по сравнению с первоначальной, резко снизилась и их долговечность.

Объемы работ по проектированию реконструкции мостов и труб в настоящее время почти достигают уровня работ нового проектирования. Поэтому все большее число дипломных проектов посвящается в различных аспектах реконструкции существующих автодорожных мостов и труб; это обстоятельство, а также почти полное отсутствие литературных источников, отсутствие специальных нормативных указаний потребовали издания настоящих методических указаний.

2. Особенности составления проекта

Особенности составления проекта исходят, прежде всего, из необходимости обоснования требуемых сроков, объемов и видов реконструкции, из необходимости выполнения специфических требований, а также вследствие большого разнообразия конструкций и их материалов, систем и назначения мостовых сооружений, подлежащих реконструкции.

Обоснование сроков, видов и объемов реконструкции, чаще всего связанной с необходимостью увеличения габарита проезда, с уширением моста, исходит из расчетов перспективы роста интенсивности движения. Как правило, следует рассматривать три случая: при обеспечении интенсивности движения во время обследования моста N_0 , при обеспечении десятилетней N_{10} и двадцатилетней перспективы N_{20} , с приведением к тяжелому грузовому ав-

томобилью. По интенсивности движения в соответствии с указаниями СНиП 2-457864 устанавливается категория дороги и соответствующие ей габаритные параметры моста после реконструкции. Варианты схем реконструкции составляют соответственно для этих возможных решений, при различном габаритном обеспечении. Выбор рекомендуемого решения и варианта реконструкции осуществляется путем технико-экономического сравнения по указанной ниже методике. При уширении старых мостов до габаритов дорог I категории рекомендуется проектировать два отдельных моста под требуемое число полос движения одного направления каждый. На первом этапе обычно строится новый мост, на втором – уширяется старый до требуемого половинного габарита. Здесь не нужны особые меры по обеспечению движения на время строительства, так как оно осуществляется сначала по старому мосту, затем – во время уширения старого – по новому мосту.

Реконструкция моста путем его уширения обычно сопровождается мерами по его усилению и обеспечению достаточного уровня безопасности движения. Может потребоваться улучшение условий пропуска вод для мостов или улучшение пропуска движения – для путепроводов, увеличение подмостовой высоты или пролетов и т.п. Окончательное решение по требуемым видам реконструкции принимается по результатам эксплуатационной оценки, выполняемой на основе обследования моста и являющейся обязательным элементом исходных данных для проектирования.

Специфические требования, которые должны быть выполнены при проектировании, в основном сводятся к следующему:

необходимость обеспечения движения на время строительных работ; здесь возможны три варианта – организация ограниченного движения по реконструируемому мосту, по ширине или во времени.

В первом случае при работах на половине ширины, во втором – при работах в «окнах» движения.

Второй вариант – с переводом движения на соседнюю мостовую переправу, если при этом не возникает значительного увеличения дальности перевозок и если этот мост может без значительного снижения скорости движения и его безопасности пропустить дополнительный объем перевозок.

По третьему варианту на время строительства устраивается временный переход на объезде; для путепроводов такой объезд осуществляется пересечением в одном уровне; дополнительные затраты как на устройство объезда, так и с учетом потерь на этих объездах или при ограничении движения, включаются в стоимость работ по вариантам при технико-экономическом их сравнении;

- комплексность решения, в результате которой, например, при уширении одновременно повышается грузоподъемность старых конструкций, улучшаются условия безопасности движения, или при усилении не ухудшаются условия безопасности движения по мосту или пропуска движения или вод под мостовым сооружением, или ограждения устраивают так, чтобы они не снижали прочности несущих конструкций и не ухудшали условий движения;

- применение сборных конструкций заводского изготовления, снижающее сроки работ по реконструкции, в крайнем случае, выполнение работ на месте – например, монолитным железобетоном, без сложных и дорогих подмостей; особенно актуально это требование при реконструкции железобетонных и сталежелезобетонных мостов;

- дополнительно при работах по усилению обеспечение включения усилителя в работу от постоянной нагрузки, что особенно важно при реконструкции металлических мостов;

- дополнительно при работах по уширению обеспечение после уширения соосности моста с дорогой, так как даже небольшой эксцентриситет приводит к опасному снижению безопасности движения; при уширении обязательно совершенствовать элементы комплекса проезжей части – водоотвод, конструкцию тротуара, деформационные швы, дорожную одежду, ограждения и въезды на мост.

Объектами реконструкции в дипломных проектах могут быть:

- *по виду мостовых сооружений* – мосты через водные преграды, путепроводы и эстакады через автодороги и городские улицы, через железные дороги, виадуки;

- *по материалу* – железобетонные, металлические, в том числе и сталежелезобетонные, каменные и бетонные; деревянные мосты реконструируются, как правило, только путем их перестройки на капитальные;

- *по статической схеме* – балочные разрезные простые, консольные и консольно-подвесные, неразрезные, рамные, арочные и сводчатые, обычно каменные или бетонные; реконструкция вантовых или висячих мостов, по-видимому, не может пока еще являться объектом дипломных проектов из-за специфичности и сложных работ;

- *по величине* – уникальные большие мосты – например, городские, большие автодорожные и городские мосты, средние и малые мосты, по маршрутам или однотипным группам.

В подавляющем большинстве реконструкция заключается либо в частичной перестройке старого сооружения, с заменой пролетного строения, а также и опор, либо в уширении с одновременным усилением конструкций и совершенствованием комплекса проезжей части.

3. Исходные данные для проектирования

Исходные данные для проектирования должны включать;

- результаты обследования и испытания сооружения;

- исполнительные чертежи, акт приемки, акты на скрытые работы и материалы;

- данные о геологии и гидрологии объекта;

- климатические и географические условия;

- данные о движении в районе перехода – интенсивности его за прошлые год на момент обследования, состав движения, скорости его на несущих участках дороги, данные о ДТП;

- данные о ремонтах и реконструкциях элементов моста;

Результаты обследования и испытания моста рекомендуется обработать в виде эксплуатационных показателей, например:

- показатели состояния K_c по элементам моста, K_{c1} – по комплексу проезжей части, K_{c2a} – по пролетному строению, K_{c3} – по опорам и фундаментам, частные показатели K_{cg1} – по влиянию состояния элементов моста на его грузоподъемность, при этом влияние состояния поперечных связей пролетного строения рекомендуется определять по результатам ограниченных испытаний по формуле $K_{cg3} = \frac{K_{пф}}{K_{пр}}$, где $K_{пф}$ – коэффициент поперечной установки, определенный по результатам натурных ограниченных испытаний, $K_{пр}$ – расчетное значение коэффициента поперечной установки, определенного для испытательной нагрузки; показателя остаточной долговечности моста;

- показатели условий движения по габариту проезда – $K_{габ} = \frac{\Gamma_m}{\Gamma_d}$, где Γ_m – габарит моста, Γ_d – габарит автомобильной дороги, $K_{габ}$ определяется для сроков $t=0; 10; 20$ лет;

- ситуационный показатель, учитывающий усложняющие условия движения, особенности ситуации – $K_{сит} = \frac{V_m}{V_g}$, V_m и V_g – допускаемые скорости движения на мостовом переходе и на неестественном участке дороги;

- показатели грузоподъемности $K_{гр} = \frac{p}{p_n}$, где $K_{гр}$ определяется, как правило, для пролетных строений относительно нормативных нагрузок, p – допускаемая временная эквивалентная нагрузка, p_n – расчетное значение временной эквивалентной загрузки, относительно которой определяется грузоподъемность моста; при ослабленном дефектами сечении величина p умножается на $K_{cg1,2}$; при ослаблении дефектами поперечных связей p_n умножается на коэффициент K_{cg3} ;

- показатель отверстия $K_{от} = \frac{\Omega_m}{\Omega_n}$, учитывающий условия пропуска вод под мостом, Ω_m – фактическая площадь отверстия, Ω_n – расчетная площадь отверстия по гидрологическим материалам обследования; достаточность подмостового габарита путепроводов определяется непосредственным соотношением фактических, заморенных в натуре, и требуемых габаритных размеров.

Результаты эксплуатационной оценки влияют на решения по реконструкции следующим образом:

- при $K_{c2} \leq 0,6$ мост требует частичной перестройки с заменой пролетного строения, при $K_{c3} \leq 0,6$ – полной перестройки с заменой и опор, при этом фундаменты могут сохраняться, тогда сохраняется и разбивка пролетов, может быть изменена расчетная схема, например, вместо балочной разрезной новая конструкция пролетного строения может быть неразрезной и т.п.; также влияет на решения по реконструкции остаточная долговечность элементов моста – пролетные строения подлежат замене, если остаточный срок службы

их не более 20 лет, а опоры – если их срок службы остается не более 30 лет; при этом учитывается срок существования их к моменту обследования; коэффициенты K_{c1} , K_{c2} , K_{c3} учитываются только, как указано ранее, при определении грузоподъемности моста;

- при $K_{габ} < 0,8$ требуется уширение поста, однако это уширение может быть выполнено на второй стадии реконструкции через 10 лет, если к тому времени расчетный габарит (по N_{10}) $K_{габ}$ окажется $> 0,6$; если при $t_o K_{габ} < 0,6$, требуется срочное на первой стадии – уширение моста;

- при $K_{сит} < 0,7$ требуется реконструкция всего перехода с устранением дефектных параметров ситуации, либо постройка нового моста на спрямленном участке трассы, может понадобиться спрямление вертикальной кривой, причем мост остается на той же трассе и могут быть использованы полностью или частично старые опоры; в первом случае старый мост может быть использован в качестве перехода на время строительства и даже оставаться для обслуживания местной дороги;

- при $K_{гр} < 0,8$ по пролетному строению требуется усиление соответствующих конструкций, которое желательно выполнить в комплексе с уширением; при $K_{гр} < 0,6$ следует оценить целесообразность усиления, чаще всего в этих случаях рациональна частичная перестройка с заменой пролетного строения;

- если $I > K_{от} \geq 0,8$, при реконструкции следует предусмотреть меры по улучшению пропуска вод; если $K_{от} = 0,6$, необходимо удлинение моста с увеличением отверстия; при промежуточных значениях $K_{от}$ предусматриваются, как правило, меры по укреплению дна против размывов у опор, укрепление конусов и берегов, устройство струенаправляющих сооружений; при недостаточности параметров подмостового габарита путепровода обязательно их увеличение, например, подъем пролетного строения, увеличение числа пролетов для пропуска движения, устройство ограждений у промежуточных опор и т.п.

Исполнительные чертежи, акты приемки и акты на скрытые работы используются:

- для установления армирований железобетонных конструкций при определении их грузоподъемности, для тех же целей – схемы соединений металлических конструкций и т.п.;

- для уточнения конструкции устоев и фундаментов всех опор, что также необходимо при реконструкции.

Данные о геологии и гидрологии объекта требуются для решений об усилении и уширении опор и фундаментов, для расчета площади отверстия Ω_n , а также для устранения дефектов и улучшения условий пропуска вод или движения.

Сведения о климатических и географических условиях объекта используются, главным образом, при проектировании технологии и организации строительных работ.

Данные о движении, в том числе и о ДТП, необходимы для указанных выше расчетов перспективной интенсивности движения и для принятия рациональных мер по обеспечению его безопасности.

4. Рекомендации по способам реконструкции мостов

Ниже в общих чертах рассматриваются способы реконструкции основных видов – при усилении, уширении и обеспечении безопасности.

Способы усиления конструкций мостов зависят от материала, формы и работы конструкций:

- усиление металлических пролетных строений выполняется по индивидуальным решениям частичными или общими способами; при частичном способе усиливается по прочности или устойчивости каждый недостаточный по грузоподъемности элемент в отдельности при обязательной предварительной разгрузке для включения усилителя на усилия от постоянной нагрузки; общий способ усиления заключается, как правило, в изменении расчетной схемы постановкой третьего шпренгельного пояса, превращением разрезных пролетных строений в неразрезные и т.п.; частичное усиление применяют, когда недостаточны отдельные элементы несущей конструкции, общее – если вся конструкция значительно слабее, чем требуется на данный период времени.

- усиление железобетонных пролетных строений выполняется, как правило, частичными способами; в настоящее время по нашим и зарубежным исследованиям и практике рекомендуется усиление железобетонных ребристых пролетных строений с обычной арматурой наклеивкой листов и полос снизу, сбоку и сверху; также рекомендуется усиление старых пролетных строений, особенно плитных, при уширении их новыми накладными или приставными элементами, обязательно объединенными для этого со старой конструкцией;

- усиление опор и фундаментов требуется только при наличии снижающих их прочность дефектов – в результате потери несущей способности грунтов, при подмывах и оползневого типа сдвигов грунта и т.п.; особый случай представляют необсыпные устои с откосными или обратными стенками доменной постройки, которые при малой высоте – до 3 метров – зачастую недостаточны на плоский сдвиг при расчете на нагрузку НК-102,8; здесь наиболее эффективный способ усиления – устройство разгрузочных пролетов длиной до 6 м на свайных опорах со сваями, забитыми в насыпь и работающими на горизонтальное давление грунта насыпи, с разборкой насыпи разгрузкой старого устоя; способы усиления дефективных промежуточных и береговых опор также детально описаны в учебных пособиях.

Способы уширения металлических пролетных строений:

- 1) при езде понизу обычно применяют один из следующих способов: при значительных запасах прочности пролетного строения за счет удлинения консолей поперечных балок с организацией на них автодвижения; при этом тяжелые нагрузки типа НК-102,8 пропускаются только по средней части проезда; одновременно выполняется усиление главных ферм и консолей; опоры уширения не требуют;

- 2) более распространен способ уширения за счет раздвижки ферм, а поперечные балки удлиняются вставками и усиливаются, усиливаются так-

же и главные фермы, поперечные и продольные связи, промежуточные опоры, устои;

- с ездой понизу – при деревянной или металлической проезжей части – накладной железобетонной плитой взамен дерева или металла, с включением ее в работу главных балок, нижние пояса ферм-балок обычно требуют при этом усиления; вместо плиты может устраиваться плитно-ребристая проезжая часть; опоры не уширяются. Уширение обязательно симметричное с увеличением габарита проезда не более, чем на 2-3 м; наиболее часто уширение выполняется установкой приставных элементов, обычно таких же конструкций, как и старые, но более мощных ферм-балок, чем достигается одновременно усиление пролетного строения, опоры в этом случае также требуют уширения.

Уширение железобетонных балочных пролетных строений выполняется одним из трех способов:

- накладной плитой без уширения опор; плита может быть из монолитного железобетона, из сборных консольных тротуарных блоков с монолитной плитой на ширине проезжей части или целиком из сборных плитных блоков; в первых двух случаях монолитная плита обязательно объединяется со старой конструкцией, для чего монолитный бетон укладывают по очищенной и специально подготовленной поверхности старого бетона, без штырей и клея;

возможно дополнительное объединение с помощью шпоночных выступов, входящих в пробитые отверстия в старой конструкции; целиком сборная накладная плита может объединяться со старой конструкцией с помощью таких же шпоночных выступов из монолитного железобетона, для чего в новых плитах также оставляются отверстия;

уширение обязательно симметричное, рекомендуется при выносе консолей накладной плиты не более 2 м, т.е. когда консоли не работают на колесную нагрузку; при таких типах пролетного строения: ребристом монолитном с приподнятыми тротуарными консолями, ребристом сборном с диафрагмами, если заводы не выпускают балок этого типа и требуемого пролета или если нельзя использовать такие балки от перестраиваемого моста; при разрезных балочных конструкциях старого моста рекомендуется путем уширения накладных плит устраивать швы температурной неразрезности:

- приставными элементами сбоку с обязательным уширением опор, симметричным или несимметричным; при этом желательно учесть следующие рекомендации: уширение выполнять двусторонним, чем достигается одновременное усиление старого пролетного строения, для этого же приставные элементы должны быть большей жесткости и большей несущей способности, чем старые;

приставные элементы лучше применять из преднапряженных блоков, независимо от вида армирования старых конструкций; расчетная схема приставных элементов должна быть такой же, как старого пролетного строения разрезной, неразрезной, консольной и т.д.;

приставные сбоку элементы обязательно соединяются с элементами старой конструкции, тип соединения должен быть не менее жестким, чем соединения между старыми (сборными) элементами;

при уширении монолитных пролетных строений этот тип соединений должен обеспечивать передачу поперечного изгибающего момента;

отсутствие объединения приставных элементов со старой конструкцией пролетного строения является грубейшей ошибкой, так как при этом значительно снижается грузоподъемность как старых, так и новых конструкций, деформация их будет различной и весьма значительной, особенно у шва, что, как показал опыт многочисленных реконструированных с такой ошибкой мостов, вызывает разрыв проезжей части, протекание воды в образующиеся трещины и значительное снижение долговечности всех несущих мостовых конструкций, а также увеличивает расходы на ремонтные работы при эксплуатации;

приставные элементы желательно применять такой же формы, как и старые – плитные уширять плитными блоками, ребристые – ребристыми блоками, если возможно обеспечить простое и надежное соединение старого элемента с новой конструкцией;

при уширении сборных плитных пролетных строений, соединенных между собой бетонными шарнирами, поскольку эти связи обычно при эксплуатации нарушаются, приставные плитные блоки желательно присоединять более жестко и одновременно увеличить жесткость поперечных связей старых блоков между собой, для чего укладывать тонкую накладную плиту на всю ширину уширенного моста, либо установить поперечные стержневые связи с термоэлектрическим преднапряжением, сверху и снизу на расстоянии не более 2 м между собой;

- комбинированным способом, с приставными блоками и накладной плитой сверху; приставные блоки устанавливаются симметрично с двух сторон, уширяя старое пролетное строение настолько, чтобы консоли накладной плиты имели вынос не более 2 м в каждую сторону; как и при уширении только приставными блоками, желательно новые блоки принять большей жесткости и прочности, чем старые;

соединение новых блоков со старой конструкцией, как правило, осуществляется только за счет накладной плиты, так как комбинированный способ применяется, в основном, в тех же случаях, что и уширение накладной плитой, т.е. если нельзя соединить старую конструкцию с приставными блоками непосредственно и когда без приставных блоков вынос консолей накладной плиты превышает 2 м;

накладная плита в этом случае должна быть из монолитного железобетона, приставные элементы могут быть любого поперечного сечения независимо от формы поперечного сечения старой конструкции, в том числе и из сборных пустотельных плит; этот способ требует незначительного уширения опор, сравнительно легко выполняемого в верхней части опор.

Способы уширения арочных каменных, бетонных и железобетонных мостов:

- при пролетах до 12 м наиболее рациональный метод уширения каменных и бетонных сводчатых мостов накладной плитой, без уширения опор; в этом случае плита не объединяется со старой конструкцией, а лежит на поперечных двухконсольных балках, заделанных на опорах в надсводную забутку, либо уложенные на щековые стенки сводов;

пролет накладной плиты может быть не равен пролету свода, чаще – несколько больший; таким образом, старый свод работает только на постоянную нагрузку от веса надсводной забутки и собственного веса, временную нагрузку несет новая накладная плита; уширение строго симметричное;

плиты сборные заводского изготовления, между нижней поверхностью плит и надсводной забуткой должен быть оставлен зазор не менее 5 см; вследствие этого обычно требуется несколько, иногда до 0,5 м, повысить мост против старых отметок, с перестройкой подходов ;

- железобетонные арочные мосты больших пролетов тоже рационально уширять накладной плитой, однако конкретные решения зависят от конструкции надарочного строения, как правило, балочной и рамно-балочной системы, уширение их может осуществляться описанными выше для балочных железобетонных мостов способами, но обязательно строго симметрично, без уширения самих арок (т.е. только за счет надарочного строения).

Уширение промежуточных опор допускается выполнять без уширения фундаментов, используя эффект упрочнения грунтовых оснований в результате длительного загружения, это относится как к массивным каменным или бетонным опорам, так и к столбчатым или многостоечным железобетонным опорам; при необходимости уширения и фундаментной части, например, при свайных опорах, необходимо обеспечить связь новых частей опоры и фундамента со старыми, а также максимально снизить возможность осадки новых частей; фундаменты массивных и стоечных (столбчатых опор) рекомендуется уширять только на безосадочном основании (скальные и крупнообломочные грунты, плотные глины и т.п.), либо после упрочнения этих грунтов до превращения их практически в безосадочные.

Уширение устоев обсыпного типа, а также необсыпных устоев с откосными стенками-крыльями, как правило, возможно, только с уширением фундаментной их части, что требует специальных мер по обеспечению минимальных их осадок; необсыпные устои с обратными стенками, особенно массивные бетонные или каменные желательно уширить с помощью подвесных коробов со шкафной частью, симметрично, не уширяя фундаментов.

При уширении пролетных строений методом накладной плиты или комбинированным методом требуется специальное решение сопряжения моста с дорогой, на что следует обратить особое внимание и обязательно детально отразить в проекте.

5. Расчеты при проектировании

Основная часть статических расчетов выполняется при проверках прочности, устойчивости и деформативности после реконструкции уширения или усиления, а также при изменении конструкций комплекса проезжей части, например, ограждений.

При этом все расчеты должны выполняться с учетом технологии производства работ, их последовательности.

Основные виды расчетов, которые обязательно выполняются:

а) при уширении накладной плитой – расчеты консолей плиты на прочность, трещиностойкость, а также на скалывание, если учитывается совместная работа новой плиты со старым бетоном. Кроме того, следует выполнить расчет на отрыв новой плиты от старого бетона при изгибе в поперечном направлении консолей, если учитывается совместная работа старого и нового бетонов;

- если старые опоры имеют консольные или балочные ригели, работающие на изгиб, обязательна проверка их прочности, устойчивости и деформации с учетом увеличения постоянной и временной нагрузок;

- расчетная проверка по грунту фундамента опоры с учетом увеличения постоянной нагрузки и увеличения несущей способности оснований в результате их длительного нагружения.

б) при уширении приставными элементами:

- расчет пролетного строения с учетом присоединенных элементов;
- расчет связей приставных элементов к старой конструкции;
- расчет уширения опоры-присоединения, ригеля и т.д.;
- расчет фундамента по грунту с учетом увеличения нагрузки (если фундамент не уширяется);

- расчет уширенного фундамента (если производится его уширение) с учетом искусственного упрочнения основания и др. рекомендаций по уширению фундамента;

в) при комбинированном способе уширения дополнительные расчеты выполняются по рекомендациям п. а) и б);

г) дополнительные расчеты при усилении металлических мостов:

- расчеты предварительной разгрузки элементов старой конструкции от постоянной нагрузки;

- расчеты усиленных элементов и их присоединений с учетом указанной разгрузки (при частичном усилении);

- особое внимание уделяется стадийности нагружения при изменении расчетной схемы сооружения (при общем усилении);

д) дополнительные расчеты при усилении железобетонных пролетных строений:

- расчеты прочности конструкций, усиленных наклеенными листами и полосами;

- расчеты, с учетом стадийности нагружения, усиления с изменением расчетной схемы.

6. Особенности технико-экономических расчетов при сравнении вариантов

а) Общие указания.

Проектирование реконструкции выполняется в две стадии – на первой стадии, как указывалось выше, рассматриваются общие решения с различными эксплуатационными показателями, в основном, по габаритам проезда, грузоподъемности и мерам безопасности; на втором этапе по каждому общему решению разрабатываются конструктивные варианты.

Поэтому сравнение вариантов выполняется в такой последовательности:

- по каждому из решений сравниваются обычным образом, по затратам рабочей силы, материалов, стоимости, технологичности и т.д., конструктивные варианты каждого из решений и выбираются наиболее рациональные;
- эти рациональные варианты сравниваются на уровне общих решений.

В первом случае технико-экономическое сравнение выполняется как при новом проектировании, по нормативным указаниям, во втором случае рекомендуется специфический расчет, проведенный ниже.

б) Техничко-экономическое сравнение решений по реконструкции.

Общая формула расчета стоимости по каждому из решений:

$$\sum K_i = K_1 + D_{об1} \frac{1}{K_{t01}} + \sum_0^{t1} D_1 \cdot K_{t1} + K_2 \cdot K_{t2} + D_{об2} \cdot K_{t02} + \sum_{t1}^{t2} D_2 \cdot K_{t2} + \dots$$

Здесь: K_1, K_2, K_3 – сметные стоимости работ по начальной и последующим стадиям строительства; при определении сметной стоимости работ следует учесть стесненность работ при уширении и усилении моста, а для перспективных этапов строительства – снижающий затраты коэффициент, учитывающий влияние технического прогресса;

$D_{об1}, D_{об2}, D_{об3}$ – потери на объездах, устраиваемых для обеспечения движения на время строительных работ;

D_1, D_2 – годовые потери в интервалах времени между стадиями строительства;

$K_{t01}, K_{t02}, K_{t1}, K_{t2}$ – коэффициенты приведения во времени, принимаются по отношению к моменту открытия движения после работ начальной стадии;

$\sum K_i = \sum K_I \dots \sum K_{II} \dots \sum K_{III} \dots$ – суммарные стоимости работ по вариантам общих решений реконструкции.

Потери складываются из транспортных потерь, потерь народного хозяйства и потерь вследствие ДТП; их определяют следующим образом:

- на объездах – $D_{обi} = t_{обi} \cdot \Delta t_{об} \cdot \sum l \cdot N_{t=i}$;

- на мосту – $D_i = t_r \cdot \Delta t_i \cdot \sum l \cdot N_t$;

$t_{обi}$ – сроки работы объезда строительных работ на данной стадии в часах;

$$\Delta t_{об} = \frac{L_{обi}}{V_{обi}} - \frac{L_m}{V_g}; \quad \Delta t_i = y_m \left(\frac{1}{V_m} - \frac{1}{V_g} \right);$$

$L_{обi}, y_m$ – длина объезда на рассматриваемом этапе работ, с учетом динамической «пробки», и длина моста, в м;

$V_{обi}, V_m, V_g$ – допускаемая скорость движения на объезде, то же – на мосту, то же – на «открытом» участке дороги, в м/час;

t_r – среднее число часов годовой работы моста, в среднем $t_r=10.360$ часов;

$\sum l = l_1 + l_2 + l_3$ – затраты на 1 час работы-транспортные (~ 3 р/час), народного хозяйства и на ДТП; N_t – среднегодовая приведенная перспективная интенсивность автодвижения на дороге, в авт/час, приведение рекомендуется выполнять к тяжелой грузовой автомашине; $N_t = N_o \cdot K^t$, где N_o – начальная приведенная интенсивность движения, N_t – перспективная интенсивность движения в год "t", K – коэффициент прироста интенсивности движения;

$$K_{toi} = \frac{1}{(1+E_H)^{t=i}}; \quad K_t = \frac{1}{(1+E_H)^t}; \quad E_H = 0,08.$$

Расчеты рекомендуется оформить в виде графиков.

Кроме сравнения по суммарной стоимости, рекомендуется учесть затраты труда и технологичность решений.

7. Особенности технологии производства работ по реконструкции

При реконструкции основной особенностью, влияющей на технологию производства работ, является их стесненность, а также необычность, по сравнению с новым строительством, конструктивных решений.

При уширении накладной плитой основной задачей является устройство подвесных подмостей для бетонирования консольных частей или для установки на весу консольных тротуарных блоков и обустройства для монтажа; эти устройства должны предусматривать выполнение всех работ по мосту с движением по нему средств механизации и транспорта.

При уширении приставными элементами сбоку основным является устройство продольных стыковых соединений этих элементов со старой конструкцией, при этом для мостов через действующие водные преграды и для тепловодов установку блоков приставных элементов и их доставку желательно осуществить по мосту, без дополнительных подмостей. Уширение опор и фундаментов является наиболее сложной частью работ, так как требует устройства подъездов понизу для подачи материалов или устройства для подачи их с моста, а также установки подмостей с рабочими площадками и опалубкой. Затруднения вызывают также сваебойные работы.

Особое внимание следует уделить очередности выполнения работ и ограждающим устройствам при одновременных работах на разных уровнях при уширении опор, уширении и усилении пролетов строений, особенно для тепловодов, если движение под ними не переносится на объезд.

8. Рекомендации по составу проекта

Проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки (текстовый материал) и 10–12 листов чертежей для специалитета и 6–10 листов для бакалавриата.

1. Расчетно-пояснительная записка включает:

Введение – задачи, разрешенные проектом, в свете решений современных требований.

Глава 1 – общее описание климатических, географических, гидрогеологических условий объекта реконструкции; основные задачи проекта; нормативные и технические требования; условия движения в течение 5–10 лет эксплуатации моста (интенсивность движения, скорости движения на мосту и на свободном участке дороги, ДТП);

Глава 2 – описание технического состояния существующего моста (по результатам обследований), решений по реконструкции и описание вариантов по каждому решению; расчеты конструкций по вариантам для назначения их размеров; технико-экономические расчеты по вариантам и решениям; сравнение вариантов и решений;

Глава 3 – расчеты конструкций принятого варианта; по надобности – расчеты отверстия перехода;

Глава 4 – описание организации движения транспортных средств на период ремонта моста, технологии производства работ, организация работ по реконструкции моста, а также подходов к нему, временных сооружений, оснастки и оборудования; плана строительства; описание принятых в проекте новых строительных материалов, конструкций, оборудования и их преимущества;

Глава 5 – расчеты и описание мероприятий охраны труда и техники безопасности;

Глава 6 – безопасность и экологичность проекта;

Глава 7 – сметная документация.

2. Графическая часть проекта:

- чертежи конструируемого сооружения с указанием дефектов, обнаруженных при обследовании, ситуационная обстановка перехода 1–2 листа;

- схемы вариантов реконструкции по каждому из рассматриваемых решений – 1–2 листа;

- детали реконструируемых элементов пролетного строения, опор, сопряжения с берегом и комплекса проезжей части – 3–4 листа;

- общий план перехода с показанием расположения вспомогательных сооружений, стройплощадки и объезда – 1 лист;

- расчетно-конструктивная часть проекта – 1–2 листа;

- схемы и детали по технологии строительства, технике безопасности и организации работ – 2–3 листа.

Литература

1. Дипломное проектирование по строительству, ремонту или реконструкции мостов и труб на автомобильных дорогах: методические указания по разделу "Охрана окружающей среды" для студентов всех форм обучения: ИСФ: специальность 270205 / сост. И. Н. Старишко . – Вологда : ВоГТУ , 2011 . – 31, [1] с. – Режим доступа: http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/starishko/book1/2010_starishko_dipl_proekt.pdf

2. Гибшман, М. Е. Проектирование транспортных сооружений : учеб. для вузов по специальности "Мосты и трансп. тоннели" / М. Е. Гибшман, В. И. Попов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Интеграл , 2013 . – 446, [1] с. : ил.

3. Рузов, А. М. Эксплуатация мостового парка : учебное пособие для вузов по специальности "Автомоб. дороги и аэродромы" / А. М. Рузов . – Москва : Академия , 2007 . – 174, [1] с. : ил., [14] отд. л. цв. ил.

4. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справ. инженера-дорожника / [А. П. Васильев, В. И. Баловнев, М. Б. Корсунский и др.]; под ред. А. П. Васильева. – [Москва] : Интеграл , 2013 . – 288 с. : ил

5. Садило, М. В. Автомобильные дороги : стр-во и эксплуатация: учеб. пособие для вузов / М. В. Садило, Р. М. Садило. – Ростов-на-Дону : Феникс , 2011 . – 367 с. : ил., [8] отд. л. цв. ил. – (Высшее образование)

6. Инженерные сооружения в транспортном строительстве: учеб. для вузов по специальности "Автомоб. дороги и аэродромы": в 2 кн. Кн. 1 / под ред. П. М. Саламахина . – Москва : Академия , 2007 . – 344, [1] с. : ил.

1. Статьи в журналах «Автомобильные дороги» за 1997–2015 гг.

2. Статьи в журналах «Транспортное строительство» за 2005–2015 гг.

3. Статьи в журналах «Дороги и мосты» за 2012–2015 гг.

РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ

Методические указания по выполнению дипломного проекта

Оригинал-макет – О.М. Ванчугова

Подписано в печать 29.02.2016 г. Формат 60 × 84/16.

Усл. п. л. 1,0. Тираж 20 экз. Заказ № 89.

РИО ВоГУ. 160000, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6.