

Ремонт и реконструкция мостов и труб

25.1. Сроки службы мостов, необходимость ремонта и виды реконструкции мостов и труб

Период эксплуатации мостовых сооружений подразделяют обычно на три этапа. Так, железобетонное сооружение на первом этапе эксплуатируется без снижения надежности. В этот период протекают основные длительные деформации, возрастает прочность бетона, нормально функционирует система водоотвод—гидроизоляция. Вероятность безотказной работы несущих конструкций сохраняется на уровне, обеспечиваемом СНиП 2.05.03-84* (например, для пролетных строений $P = 0,9986$; индекс надежности равен 3,0). Продолжительность этого периода зависит от качества строительства и составляет 7...9 лет. На этом этапе за мостом осуществляется лишь уход.

На втором этапе происходит снижение потребительских качеств сооружения из-за физического износа. Длительность этого периода определяется работоспособностью пролетных строений и реке опор, а в других элементах (покрытие, деформационные швы, система гидроизоляция—водоотвод) допускаются отказы, устраняемые или предупреждаемые в рамках работ по содержанию. При проведении планово-предупредительных работ восстанавливают наиболее поврежденные элементы, продляя этап работоспособного состояния. Продолжительность второго этапа определяется временем, за которое вероятность безотказной работы основных несущих конструкций снижается до некоторой величины P_p . По исследованиям А.А. Потапкина $P_p = 0,90$, т.е. индекс надежности равен 1,3. Это отвечает 25...30%-му несоответствию функциональных возможностей функциональным требованиям. В общем случае это может быть вызвано не только физическим, но и моральным износом и не обязательно связано с грузоподъемностью. Суммарная длительность первого и второго этапов определяет период работоспособного состояния T_{p1} , или наработку на первый отказ. Величина T_{p1} зависит от многих факторов, в том числе от материала и типа пролетных строений, географического положения, качества содержания. Средняя продолжительность с увеличением финансирования на содержание увеличилась с 18 лет в 1995—1997 г. до 30 лет в 2004—2005 г. для железобетонных и сталежелезобетонных мостов, для стальных — в 1,5 раза больше.

На третьем этапе при снижении индекса надежности до 1,3 сооружение должно закрываться на ремонт или реконструкцию. После ремонта или реконструкции потребительские качества сооружения должны быть восстановлены или улучшены, а индекс надежности опять должен быть равен 3,0. Теоретически ремонт (реконструкция) рассматривается как точка регенерации, таких точек может быть несколько. На практике снижение индекса надежности до 0,9 после первого ремонта для мостов с железобетонными пролетными строениями происходит в среднем через 23 г., после второго — еще быстрее. Как правило, после второго отказа реконструкция или ремонт экономически менее выгодны, чем замена сооружения. Таким образом, для большинства сооружений срок службы (календарная продолжительность эксплуатации до момента снятия с эксплуатации) определяется моментом второго отказа.

Если выполнение ремонта задерживается и по каким-то причинам должно быть перенесено на более поздний срок, дальнейшая временная эксплуатация моста возможна лишь при введении ограничений на скорость, массу или траекторию транспортных средств, дистанцию между автомобилями. Со временем эти ограничения ужесточаются. Предельным считается уровень, соответствующий вероятности безотказной работы $P = 0,5$. По грузоподъемности для потребителя это означает, что масса автомобиля в колонне при неконтролируемом режиме не более 18 т, а при движении по заданной траектории — не более 20 т; контролируемый пропуск одиночной нагрузки — масса не более 32 т. Обычно период, при котором надежность с $P = 0,9$ снижается до $P = 0,5$, длится около 15 лет.

Ремонт или реконструкцию сооружения проводят в основном, когда не удовлетворяются требования, предъявляемые к сооружению со стороны дороги или со стороны пересекаемого препятствия. В связи с этим основными целями и видами этих работ являются:

- увеличение грузоподъемности (усиление);
- увеличение пропускной способности и безопасности движения (уширение);
- повышение транспортно-эксплуатационных свойств (уширение с усилением, отказ от деформационных швов на промежуточных опорах);
- увеличение отверстия моста;
- увеличение подмостового габарита, количества судоходных пролетов.

Реконструкцию в связи с необходимостью подчеркнуть архитектурную выразительность или повысить экономичность содержания специально не выполняют, а учитывают эти требования при выполнении указанных ранее работ.

25.2. Усиление пролетных строений и опор мостов

Грузоподъемность пролетного строения определяется наименьшим классом по грузоподъемности его элементов. Поэтому часто достаточно усилить небольшую группу элементов. Повысить класс слабого элемента можно, увеличив его несущую способность, уменьшив усилия от сопутствующих и второй части постоянных нагрузок, уменьшив усилия от временных нагрузок. Рассмотрим основные способы решения поставленной задачи.

Замена элементов мостового полотна. Замена элементов полотна на конструкции с меньшей массой, например переход на тонкослойные покрытия или замена сточного треугольника, оклеечной гидроизоляции и защитного слоя одним выполняющим их функций слоем на безусадочных или саморасширяющихся цемен-тах; замена железобетонной плиты стальной ортотропной.

Добавление материала в сечение. При данном способе усиления высота сечения значительно не увеличивается, эффект достигается за счет увеличения площади растянутой арматуры (рис. 25.1) и площади поясов изгибаемых элементов (рис. 25.2) или площади сечения растянутых (сжатых) элементов (рис. 25.3). Обычно добавляют материал того же типа, но с лучшими прочностными характеристиками. Перспективным является направление с использованием углепластика, ламели которого могут быть наклеены как на стальные, так и на бетонные поверхности.

В изгибаемых элементах добавляемый материал следует располагать как можно дальше от соответствующей нейтральной оси. При усилении сжатых (растянутых) элементов добавление металла может быть выполнено в любой части сечения, но при этом следует избегать значительного смещения осей симметрии. Особенно это касается усиления с искусственным регулированием усилий, например с установкой предварительно напряженных затяжек (рис. 25.4).

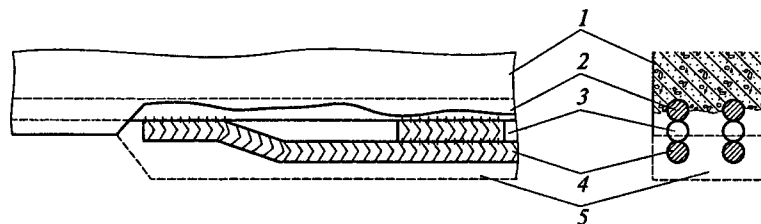


Рис. 25.1. Добавление арматуры к железобетонному элементу:

1 — бетон; 2 — существующая обнажаемая арматура; 3 — коротыш; 4 — добавляемая арматура; 5 — последующее омоноличивание

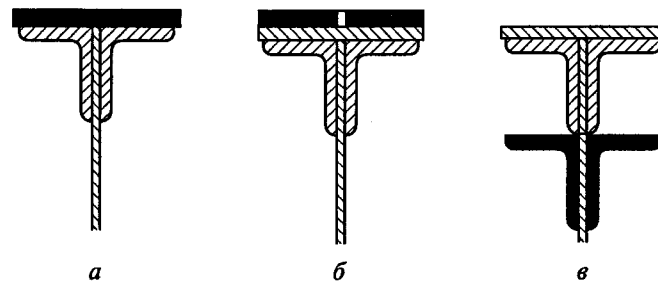


Рис. 25.2. Добавление материала к изгибаемому элементу (показан верхний пояс):

a — при отсутствии горизонтального листа; *б* — при наличии горизонтального листа (поочередное удаление заклепок и установка полулистов с последующим заполнением зазора); *в* — усиление без перерыва движения в ущерб эффективности использования материала

Увеличение высоты сечения. Эффект в изгибаемых и внецентренно сжатых элементах усиливается за счет увеличения плеча «внутренней пары». В железобетонных балках могут добавляться как арматурные стержни в растянутую зону на «гуськах», удаленные от основной рабочей арматуры с последующим бетонированием (рис. 25.5), так и бетон в сжатую зону (накладная плита). Разновидностью способа является превращение стальных балок в сталежелезобетонные.

Установка дополнительных несущих элементов (балок, ферм). Эффект достигается за счет разгрузки существующих. Данный способ часто совмещают с уширением.

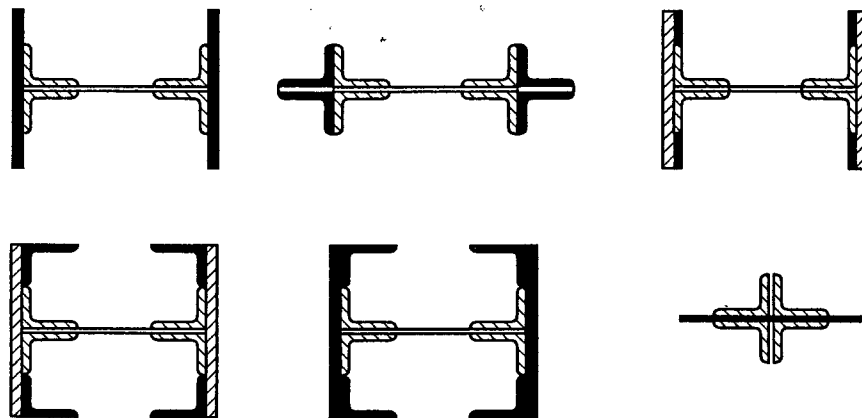


Рис. 25.3. Добавление материала к сжатым (растянутым) элементам

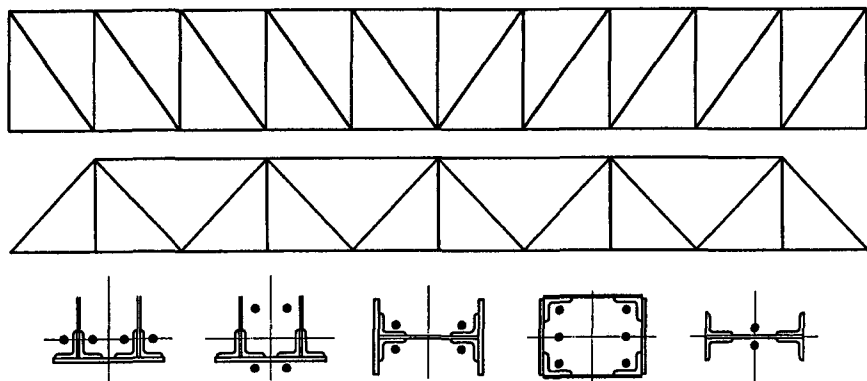


Рис. 25.4. Добавление предварительно напряженных затяжек

Установка дополнительных несущих элементов. Дополнительные элементы непосредственно не воспринимают нагрузку. Основное их назначение — уменьшение свободной длины сжатого элемента, увеличение коэффициента продольного изгиба (рис. 25.6).

Изменение системы. Наиболее часто применяемые варианты этого способа следующие: подведение шпренгеля (рис. 25.7), добавление арки или третьего пояса к фермам, превращение раз-

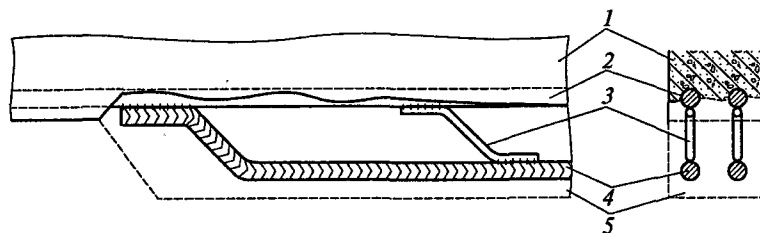


Рис. 25.5. Увеличение высоты сечения изгибаемого железобетонного элемента:

1 — бетон; 2 — существующая обнажаемая арматура; 3 — «гусек»; 4 — добавляемая арматура; 5 — последующее омоноличивание

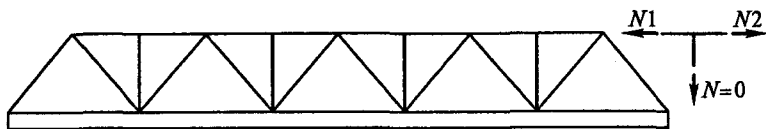


Рис. 25.6. Добавление элементов, не воспринимающих временную нагрузку

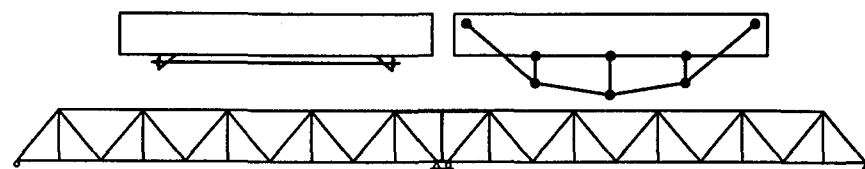


Рис. 25.7. Изменение системы подведением под балки (фермы) прямых и полигональных шпренгелей, объединением в неразрезные конструкции

резных балок и ферм в неразрезные (объединением в неразрезную конструкцию смежных пролетных строений (см. рис. 25.7) или установкой опор).

При усилении с изменением системы по модулю усилия уменьшаются, но при этом часть элементов (в фермах) или зон (в балках) будут работать на усилия противоположного знака по отношению к первоначальным. Может потребоваться усиление сжатых (в новых условиях) элементов ферм и растянутых зон балок.

Устройство дополнительных опор во внешне статически неопределимых системах. Усиление достигается за счет уменьшения расчетных пролетов. Как и в предыдущем способе, может возникнуть проблема с изменением знака усилий, особенно при усилении железобетонных пролетных строений.

В большинстве случаев размеры опор назначаются из условия размещения опорных частей. По концепции типового проектирования армирование выполняется на наихудший случай в границах применимости типового решения. В связи с этим, как правило, можем иметь в конкретном случае резерв по грузоподъемности.

Потребность в усилении опор значительно меньше, чем в усилении пролетных строений. Если такая потребность и возникает, то основным способом является применение железобетонных рубашек, армирование которых выполняют по расчету (см. гл. 24).

Вопрос усиления фундаментов выходит за рамки данного издания, но на один момент все же стоит обратить внимание. Несущую способность фундамента определяют на наихудший случай — начало эксплуатации. В процессе эксплуатации происходит уплотнение грунтов основания и увеличение прочностных характеристик. Поэтому к моменту проведения усиления пролетных строений и опор сооружение имеет резерв по несущей способности фундаментов не менее 20 %. Обычно этого хватает для восприятия усилий от веса конструкций усиления пролетных строений и опор.

25.3. Особенности расчета усиления мостов

Расчет пролетных строений должен учитывать все возможные стадии его уширения и усиления, а также допускать в отдельных случаях появление ограниченных пластических деформаций. Неустраняемые дефекты, влияющие на несущую способность элементов или на напряженно-деформированное состояние, также учитываются в расчетах. Прямые поверочные расчеты и применение классификации нагрузок и элементов одинаково допустимы.

Расчет усиления, связанных с изменением расчетной схемы, выполняют по правилам строительной механики с учетом того, что часть нагрузок воспринята по старой схеме, а часть — по новой. Искусственное регулирование усилий также должно быть учтено. Особенностью перерасчета железобетонных пролетных строений является учет процессов ползучести в старом и новом бетоне и усадки — в новом. Все расчеты желательно выполнять с учетом длительных деформаций, проверяя прочность и трещиностойкость на стадии усиления и по прошествии нескольких лет.

Расчет прочности нормальных сечений балок пролетных строений, уширенных ребристой накладной плитой после объединения ее с существующими балками, производят по полной рабочей высоте. При этом допускается высоту сжатой зоны принимать равной толщине полки накладной плиты, если расчет ведется по предельным усилиям, а не предельным деформациям (расчет по предельным деформациям в данном случае предпочтительней).

Расчет прочности наклонных сечений производят по рабочей высоте существующих балок без учета накладной плиты.

Свои особенности, связанные с возможностью регулирования усилий, имеет усиление отдельных элементов ферм предварительно напряженными затяжками. Усиливают растянутые или преимущественно растянутые элементы, поэтому предоставляется возможность изменять характеристики цикла от цикла с преимущественным растяжением до цикла с преимущественным сжатием.

При усилении элемента затяжкой образуется локальная статически неопределимая система «стержень—затяжка», воспринимающая то же усилие, что и элемент до усиления. В статически неопределимых фермах это сказывается на перераспределении усилий между остальными элементами, но незначительно, как правило, эффектом перераспределения можно пренебречь. Усилие предварительного натяжения затяжки подбирают так, чтобы получить минимальную площадь брутто затяжки, после усиления удовлетворяющую пропуску требуемой временной вертикальной нагрузки. Необходимые уравнения получают из условия грузоподъемности элемента после усиления, прочности затяжки и условия совместности деформаций системы «стержень—затяжка».

Возможные методы уширения составляют несколько групп. **Группа А.** Увеличение ширины тротуаров с добетонированием консолей или применением сборных тротуарных плит; смещение тротуарных блоков или их удаление, смещение тротуарных блоков с добетонированием плит и установкой подкосов (рис. 25.8).

Группа Б. Устройство монолитной (сборно-монолитной, сборной) накладной плиты, включенной в совместную работу с главными балками, с увеличенными консолями (рис. 25.9).

Группы В, Г, Д. Пристройка балок пролетных строений в одну или две стороны (симметрично или несимметрично) с уширением только ригеля (группа В); ригеля и тела опоры (группа Г); всей опоры, в том числе и фундаментной части (группа Д) (рис. 25.10).

Группа Е. Комбинированный метод (комбинация из перечисленных ранее).

При уширении путем добавления элементов пролетных строений используют блоки конструкций, выпускаемые предприятиями мостостроительной индустрии, и товарный стальной прокат. Если длина уширяемых пролетных строений отлична от унифицированных размеров, предусматривают изготовление элементов уширения в существующих опалубках и формах с изменением длины. В отдельных случаях допускается уширение с использованием современных конструкций пролетных строений без изменения их длины. При этом смещение в плане между новым и старым про-

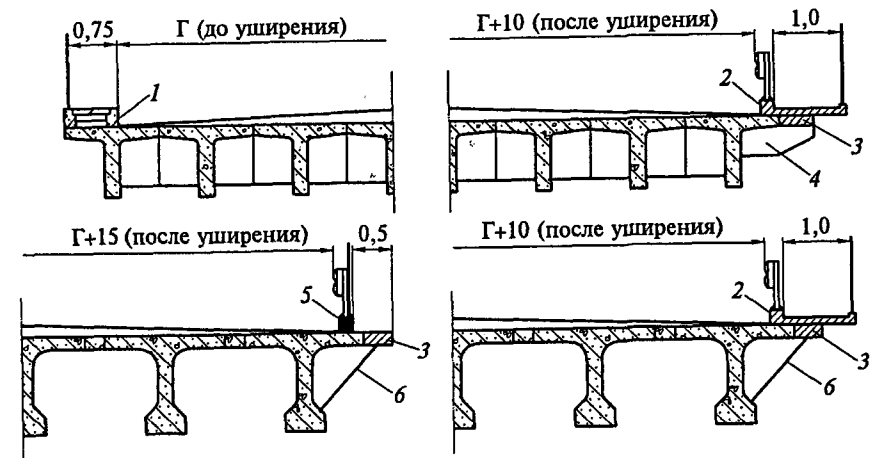


Рис. 25.8. Схемы уширения группы А:

1 — существующий тротуар; 2 — новый тротуар; 3 — добетонируемый участок; 4 — ребро жесткости; 5 — комбинированное ограждение безопасности высотой не менее 1,1 м (при отказе от тротуаров); 6 — подкос

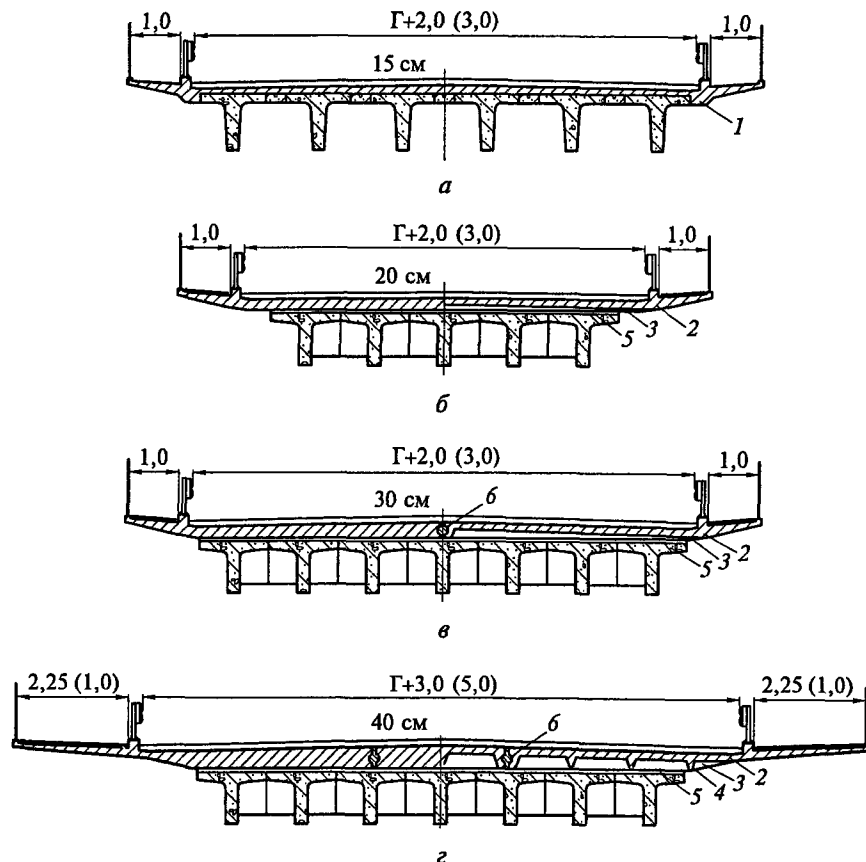


Рис. 25.9. Схемы уширения группы Б в монолитном (а), сборном (б) и сборно-монолитном (в, г) вариантах:

1 — монолитная накладная плита; 2 — блоки сборной плиты; 3 — поперечное ребро жесткости; 4 — продольное ребро жесткости; 5 — подготовка; 6 — шпонки из монолитного бетона (если ширина моста позволяет вести работы отдельно на каждой половине). Слева от оси показан разрез по ребру жесткости, справа — между ребрами

летным строением (ступенька) на устое не должно превышать 1 м, а длина моста — 50 м.

Уширение по схемам группы А позволяет увеличить ширину моста до 1,5 м при невысоких затратах (см. рис. 25.8).

Уширение за счет накладной плиты (группа Б), не требующее добавления балок, применяют, как правило, при пролетах до 18 м, а в отдельных случаях и более. При этом предусматривают удаление всех элементов мостового полотна (тротуаров, слоев одежды и др.) и обеспечение совместной работы плиты и эксплуатируе-

мых пролетных строений. В монолитном варианте получают увеличение габарита на 1...3 м, при использовании ребристых накладных плит в сборном или сборно-монолитном вариантах — на 2...5 м, а в отдельных случаях — и более. При уширении с помощью накладных плит одновременно происходит усиление существующих балок, но есть и отрицательная сторона — увеличение нагрузки на опоры и фундаменты.

Уширение мостов по группам В, Г и Д отличается количеством приставляемых балок и соответственно увеличением габарита (группа В — 1,5...2,5 м, группа Г — 2...3,5 м, группа Д — ограничено экономической целесообразностью). Приставные элементы объединяют с существующими балками для совместной работы в составе пролетного строения, чем достигается косвенный эффект усиления. Для увеличения этого эффекта удаляют консоль крайней старой балки, новую Г-образную балку со старой объединяют с помощью железобетонной шпонки, создавая таким образом ядро с высокими изгибными и крутильными характеристиками (в пролетных строениях по выпуску 56 СДП плита проезжей части имеет одинарное армирование, еще и поэтому

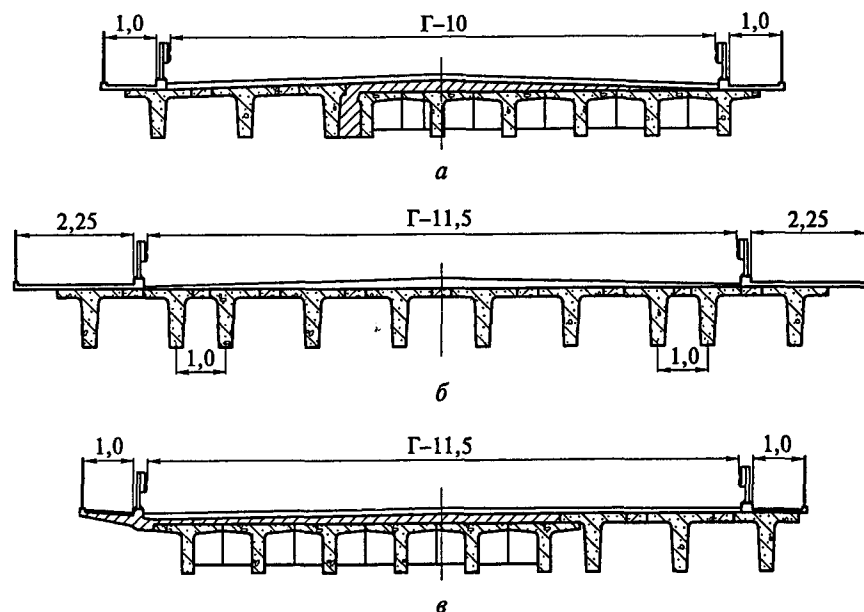


Рис. 25.10. Схемы уширения:

а — несимметричное уширение приставными элементами; б — симметричное уширение приставными элементами; в — несимметричное комбинированное уширение

во всех вариантах консоль должна работать как консоль или удаляться).

Комбинированные методы уширения (группа Е) представляют собой совокупность изложенных схем, обладают их достоинствами и недостатками. Следует отметить, что при уширении комбинированным методом можно применять в качестве приставных элементов металлические балки в железобетонных пролетных строениях, и наоборот.

В очень редких случаях при уширении металлических пролетных строений прибегают к раздвижке несущих элементов (например, при замене деревянной проезжей части железобетонной).

25.5. Технология производства работ по реконструкции мостов

При реконструкции мостов для монтажа (демонтажа) используют то же оборудование и механизмы, что и при строительстве новых сооружений. Транспортные потоки при этом переключают на мосты-дублеры или переносят участок дороги на временное сооружение (местный объезд). Возможность частичного пропуска транспортных средств по реконструируемому мосту определяется в каждом конкретном случае отдельно. Без значительных трудностей это реализуется, например, при уширении по схемам, не требующим замены слоев одежды, или при габаритах не менее 9 м с заменой слоев.

Как правило, работы на пролетных строениях и мостовом полотне выполняют в последнюю очередь. Уширение моста или путепровода начинают с уширения опор и подходов. При необходимости осуществляют обстройку промежуточных опор для безопасного ведения бетонных и арматурных работ.

Если требуется развитие фундаментной части, предварительно погружают сваи. Погружение выполняют с грунта или со льда. На малых и средних мостах, когда требуется по одной свае усиления с каждой стороны опоры, целесообразнее вести забивку с моста, используя при этом специальные механизмы, позволяющие забивать сваи сбоку. На время нахождения такого механизма на мосту движение по сооружению прекращают.

При уширении приставными элементами выполняют обрубку концевых участков консолей плит. Допускается применение пневматических инструментов, но все же желательно удаление бетона на конце плит осуществлять с использованием иных механизмов (приспособлений для облома кромок, механических и гидродинамических нарезчиков).

Уширение сборными накладными плитами необходимо осуществлять с перекрытием или ограничением движения транспор-

тных средств. Монтаж плит производят поочередно сначала на одной половине моста, потом — на другой. Свободные полосы используют для пропуска строительных машин или в отдельных случаях потока автомобилей. Покрытие не должно иметь неровностей. При выполнении бетонных работ по объединению элементов, а также в процессе твердения бетона и набора прочности до 0,5 от проектного значения веса проходящих автомобилей ограничивают величиной, при которой в арматуре омоноличиваемого участка возникает напряжение не более $0,2 R_s$.

Перед уширением сталежелезобетонных пролетных строений, предусматривающим замену железобетонной плиты, осуществляют работы по усилению элементов главных балок и поперечных горизонтальных связей в целях предотвращения потери устойчивости элементов при демонтаже плит. Не допускается разборка или замена отдельных плит в случаях, когда балки и связи существующего пролетного строения ослаблены отверстиями, предусмотренными для соединения или прикрепления наращиваемых конструкций уширения.

Для регулирования усилий при включении железобетонной плиты проезжей части в работу металлического пролетного строения следует использовать временную опору, расположенную в середине пролета.

В случае невозможности или нецелесообразности использования временной опоры допускается регулирование усилий с помощью подкосных рам или продольной напрягаемой арматуры. В процессе регулирования движение по пролетному строению не допускается.

В проектах производства работ по уширению мостов должны содержаться технические решения и основные организационные мероприятия по обеспечению безопасных условий труда и санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих. В частности, должны быть предусмотрены меры по предупреждению: падения людей с высоты; падения монтируемых (демонтируемых) элементов моста; падения используемых материалов и инструмента с верхнего яруса работ на нижний; опасного или вредного действия на людей машин, оборудования, материалов и электрического тока.

Кроме того, должны быть указаны: технологическая последовательность монтажа (или демонтажа) элементов моста; способы строповки монтируемых элементов, обеспечивающие подачу их в положение, соответствующее или близкое к проектному; способы устойчивого временного закрепления элементов моста перед их расстроповкой при монтаже (или строповкой при демонтаже); способы окончательного закрепления элементов при монтаже; безопасные расстояния между одновременно работающими на одном участке машинами, а также машинами или лицами, рабо-