

Лекция 1: РЕМОНТ МОСТОВ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Виды ремонтов

Системой ремонтов, которые выполняются эксплуатационной организацией, предполагается большая номенклатура ремонтных работ, начиная с исправления незначительных дефектов и неисправностей до замены изношенных элементов.

В гражданском строительстве ремонты разделяют на текущие и капитальные. Ремонты мостов, по мнению современных специалистов мостовиков, так же необходимо разделить на эти две категории, так как существующая классификация не соответствует современным требованиям.

Во время текущих ремонтов необходимо выполнять восстановительные работы, которые предотвращают преждевременный износ конструкций и не требуют разработки проектно-сметной документации и финансируются согласно дефектной ведомости. Капитальный ремонт связан с восстановлением и заменой изношенных элементов на новые.

Текущий ремонт выполняется, как правило, силами эксплуатационной организации с частичным ограничением движения транспорта. Работы текущего ремонта делят на две категории – профилактические и непредусмотренные.

Профилактические – запланированные работы по срокам выполнения, объемам и стоимости. Непредусмотренные работы – это работы, которые выявляют в процессе эксплуатации и требуют немедленного выполнения (например, восстановление элементов поврежденных вследствие дорожной аварии).

Профилактический текущий ремонт является основой нормальной эксплуатации сооружения. Проведение его в регламентированные сроки обеспечивает проектную долговечность конструктивных элементов путем защиты их от предварительного износа. Ликвидация небольших повреждений предотвращает их дальнейшее развитие и сокращает в будущем затраты на капитальный ремонт. К категории текущих профилактических работ относят такие:

- частичный ремонт деформационных швов;
- ямочный ремонт покрытия;
- ремонт элементов ограждения и перил;
- окраска отдельных элементов;
- локальный ремонт гидроизоляции;
- ремонт переходных плит, откосов конусов подходов;
- поверхностная обработка проезжей части площадью до 300 м²;
- заравнивание выбоин, колеиности, на проезжей части;
- замазывание и инъектирование трещин;
- восстановление защитного слоя;
- частичный ремонт поперечного объединения пролетных строений;

- защита арматуры и бетона от коррозии;
- выравнивание раковин и пустот;
- замена отдельных камней в опорах;
- расчистка и ремонт водоотводных трубок.

Непредусмотренный текущий ремонт предполагает быстрое устранение случайных повреждений и дефектов, которые невозможно было выявить и исправить во время профилактического ремонта или таких дефектов, которые возникли вследствие стихийных или других обстоятельств:

- ликвидация последствий ДТП;
- ликвидация размывов;
- восстановление исходных размеров балок и опор на путепроводах после ДТП.

Капитальный ремонт выполняется по проекту специализированных организаций с ограничением или даже закрытием движения. Капитальный ремонт может быть выборочным и комплексным.

Выборочный – это ремонт, во время которого, восстанавливают или заменяют некоторые элементы, в основном, проезжей части. Комплексный ремонт – одновременное выполнение всех видов выборочного капитального ремонта с заменой или восстановлением балок пролетных строений и опорных частей, согласно с проектно-сметной документацией.

К выборочному капитальному ремонту относят замену:

- перильного ограждения
- водоотводных трубок
- опор (железобетонные рубашки и обоймы)
- расчистка и крепление подмотового русла
- лестницы
- деформационные швы
- барьеры безопасности
- асфальтового покрытия
- тротуарных блоков
- гидроизоляция проезжей части.

К комплексному капитальному ремонту относят замену или восстановление несущей способности балок, опорных частей, торкретирование опор и пролетных строений.

1.2. Сроки службы и межремонтные периоды.

Физический износ основных конструкций мостовых сооружений (проезжей части, пролетных строений, опор и фундаментов) осуществляется неравномерно, что обусловлено различными условиями их работы под влиянием эксплуатационных нагрузок.

Наиболее долговечными являются опоры и фундаменты, срок службы которых предполагает порядка 100 лет. Исходя из долговечности опор и

фундаментов, считается, что срок службы сооружения также 100 лет. Это экспертная оценка. Полномасштабных теоретических обоснований этой оценки нет.

Пролетные строения имеют сроки службы меньше, чем опоры и фундаменты: более 40 лет в случае полного отсутствия и более 70 лет при систематическом выполнении ремонтных работ. Быстрее разрушаются элементы проезжей части, находящиеся непосредственно под действием динамических временных нагрузок и имеют срок службы 5-15 лет. Поэтому пролетные строения, и особенно элементы проезжей части, за период существования сооружения меняются несколько раз.

Ниже в табл.1.1 приведены сроки службы отдельных элементов мостов. Данные таблицы не имеют достаточной теоретической базы, они получены методом экспертных оценок и поэтому считаются ориентировочными.

Таблица 1.1

Элементы моста	Срок службы, лет
Покрытие проезжей части	6-7
Гидроизоляция	7-10
Деформационные швы компенсаторного типа	5
Деформационные швы типа «скользящий лист»	10
Железобетонные пролетные строения плитные сборные	60
Плитные и ребристые монолитные	>80
Ребристые сборные с диафрагмами	60
Ребристые сборные, бездиафрагменные	70
Металлические пролетные строения сталежелезобетонные со сплошными балками	70-80
Металлические пролетные строения со сквозными фермами	60-70
Каменные и бетонные мосты	100
Массивные бетонные и каменные опоры	100
Опоры из сборного железобетона столбчатые	70-80
Свайные и свайно-стоечные опоры	50-60
Фундаменты всех типов	100
Конусы насыпи с укреплением посевом трав	6-8
Конусы насыпи с укреплением брусчаткой	15-20
- из бетонных плит	15-20
Струенаправляющие дамбы с мощением брусчаткой	25-30
Струенаправляющие дамбы с мощением из бетонных плит	20-25
Перильные ограждения - металлические	30
- железобетонные	25
Опорные части - резиновые	25
- металлические	40
Отводные трубки	10
Лестницы	20

Следует заметить, что достичь таких сроков службы возможно только при условии выполнения профилактических текущих ремонтов в установленные сроки.

Нормативные межремонтные сроки или периоды выполнения ремонтных работ, установлены действующей инструкцией по организации ухода за сооружениями и приведены в таблице 1.2.

На реальные межремонтные сроки элементов влияют различные факторы:

- агрессивность окружающей среды;
- эксплуатационный возраст сооружения;
- интенсивность движения и состав транспортного потока.

Степень влияния этих факторов учитывается с помощью поправочных коэффициентов к нормативным срокам:

- K_1 - коэффициент, учитывающий регион расположения мостового сооружения;

- K_2 - коэффициент, значение которого зависит от реального срока эксплуатации;

- K_3 - коэффициент, принимаемый в зависимости от категории автомобильной дороги и учитывающий интенсивность движения и состав транспортных потоков.

Расчетный межремонтный срок T вычисляется по формуле :

$$T = T_H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где T_H - нормативный межремонтный срок по табл. 1.2;

$K_1 \div K_3$ - поправочные коэффициенты по табл. 1.3 - 1.5.

При отсутствии данных для любого коэффициента его значение равно 1.

Таблицы 1.3 - 1.5 разработаны отделом искусственных сооружений института ГосдорНИИ.

Таблица 1.2

Ремонтные работы	Периодичность
Проезжая часть	
Ремонт неровностей, выбоин, трещин в покрытии	1
Ремонт деформационных швов компенсаторного типа, ремонт гидроизоляции в зоне деформационных швов вдоль ограждений на проезжей части шириной 79 см	5
Замена стальных скользящих пластин	10
Замена барьерного ограждения	20
Новая поверхностная обработка	2
Замена покрытия тротуаров	5
Окраска металлических перил	5
Замена асфальтобетонного покрытия	7
Железобетонные пролетные строения	
Замазывание трещин, раковин, сколов	1
Восстановление защитного слоя (в предварительно-напряженных балках)	10/20
Ремонт поперечного объединения	10
Нанесение защитного покрытия	8

Таблица (продолжение) 1.2

Ремонтные работы	Периодичность
Опоры и опорные части	
Замазывание трещин в бетонных и каменных опорах	20
Замазывание трещин и сколов на железобетонных опорах	25
Ремонт подферменников	25
Окраска и смазка опорных частей	3
Цементация и торкретирование опор	40
Сопряжение моста с насыпью	
Замена переходных плит	25
Досыпка насыпей и конусов (через 2 года после строительства)	каждые 7 лет
Восстановление участков конусов	6
Расчистка и восстановление берегов	10

Таблица 1.3 - Значение коэффициента влияния региона расположения мостового сооружения K_1

Регион расположения мостового сооружения	Значение коэффициента K_1 для элементов				
	Мостового полотна	Соединения моста с подходами	Пролетных строений	Опорных частей	Опор и фундаментов
II дорожно-климатическая зона (Волынская, Ровненская, Житомирская, Киевская, Черниговская обл.)	0,85	0,9	0,95	0,9	1,0
III (Черновицкая, Львовская, Ивано-Франковская, Тернопольская, Хмельницкая, Винницкая, Полтавская, Черкасская, Сумская)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
IV (Харьковская, Кировоградская, Одесская, Николаевская, Херсонская, Запорожская)	1,05	1,05	1,05	1,1	1,1
Луганская, Днепропетровская, Донецкая	1,0	1,0	0,9	0,85	0,95
Горные районы Карпат и Крыма	0,85	1,0	0,95	1,2	0,85
Зона на расстоянии 30 км от Азовского и Черного морей	1,05	1,0	0,85	0,85	0,9

Таблица 1.4 - Значение коэффициента влияния реального срока эксплуатации сооружения K_2

Действит. срок эксплуат.	Значение коэффициентов K_2 для элементов				
	Мостового полотна	Сопряж. моста с подходами	Пролет. строений	Опорные части	Опоры и фундаменты
1	1,2				
3	1,1				
5	1,0	1,2			
10	0,9	1,1			
15	0,7	1,0	1,05	1,05	
20		0,9	1,0	1,0	1,1
30		0,8	0,95	0,95	1,05
40			0,9	0,9	1,0
50 и более			0,8	0,8	0,9

Таблица 1.5 - Значение коэффициента влияния реального срока эксплуатации сооружения K_3

Категория дороги	Значение коэффициентов K_3 для элементов				
	Мостового полотна	Сопряж. моста с подходами	Пролет. строений	Опорные части	Опоры и фундаменты
I	0.90	0.90	1.0	0.95	1.0
II	0.95	0.95	1.0	0.95	1.0
III	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
IV	1.05	1.05	1.0	1.0	1.05
V	1.10	1.10	1.05	1.0	1.10

1.3. Планирование ремонтов

Основой стратегического планирования должны быть технические отчеты обследований, расчеты несущей способности и технико-экономические показатели. Анализ этих документов позволяет определить необходимость выполнения одного из видов работ:

- Текущий ремонт;
- Выборочный капитальный ремонт;
- Комплексный капитальный ремонт;
- Реконструкция или новое строительство.

Стоимость работ определяется как сумма стоимости материалов, работ и механизмов по обобщенным показателям.

Существующая нормативная база, действующая на Украине, не дает конкретных рекомендаций относительно критериев целесообразности выполнения ремонтных работ.

Таблица 1.6

№	Ремонт	Цена в грн. на 1.01.2000г
1	Гидроизоляция	55 грн./м ²
2	Торкретирование опор	40-50 грн./м ²
3	Наращивание барьерного ограждения	250-300 грн./м ²
4	Резиновые деформационные швы	60 грн./м ²
5	Деформационные швы с металлическим заполнением	600 грн./м ²
6	Деформационные швы с цинковым компенсатором	70 грн./м ²
7	Установка водоотводных трубок	170 грн./м ²
8	Разработка и укладка асфальтобетона	25 грн./м ²
9	Ремонт перильного ограждения	75 грн./м ²

Практически большинство проектных и строительных организаций ориентируется на существующий опыт выполнения ремонтных работ на объектах-аналогах. Вопросы планирования расходов на ремонтные работы до сих пор практически не разрешены.

Это связано с отсутствием научно обоснованных критериев морального и физического износа мостов, нормативов на ремонтные работы, общей методики перспективного планирования ремонтных работ, которая базируется на нормативных сроках службы сооружений и межремонтных периодах, а также с отсутствием специальных организаций и подразделений по эксплуатации мостов.

На кафедре «Мосты и тоннели» Национального транспортного университета были проведены исследования, целью которых было определить согласно межремонтного периода объем и стоимость ремонтных работ для каждого элемента моста с учетом габарита и длины пролетов по годам эксплуатации.

В результате было построено график зависимости эксплуатационных расходов, определилось в процентах от стоимости ремонтных работ к стоимости строительства здания по годам эксплуатации (рис. 1.1).

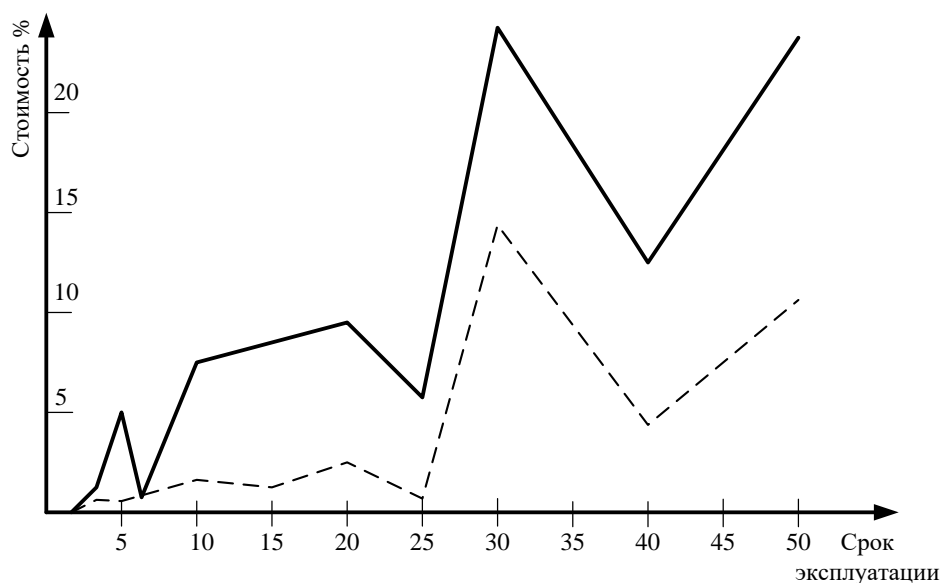


Рисунок 1.1 – График изменения стоимости ремонтных работ

Анализируя этот график, можно сделать некоторые выводы, которые пригодятся для планирования и удлинение безаварийного срока службы мостов, а именно:

- эксплуатационные расходы на ремонтные работы для конкретного объекта не могут быть ежегодно постоянными, они меняются от 1% до 27%. Пики расходов приходятся на 30-й год существования железобетонного моста. Это связано с необходимостью в эти годы значительного ремонта железобетонных балок (инъектирование трещин, заделка сколов и защита арматуры и бетона от коррозии);

- эксплуатационные расходы зависят от длины пролетов - с увеличением длины пролетов расходы отнесены на 1 пог.м пролетного строения растут, однако пики расходов по годам остаются неизменными.

Считается целесообразным планировать расходы на эксплуатацию объекта уже при сдаче его в эксплуатацию, исходя из межремонтных периодов элементов, их конструкции, материалов и т.п..

Так, например, на первый год эксплуатации необходимо предусматривать ежегодные расходы только на уборку снега, летнюю уборку, ямочный ремонт покрытия, покраску и очистку барьеров безопасности. Но уже на второй год, кроме упомянутых ежегодных расходов дополнительные ассигнования на ремонт гидроизоляции в уязвимых местах (тротуары, деформационные швы).

Для существующих мостов планирование необходимо начинать с их обследования. По материалам обследований составить программу ремонта мостов на Украине в целом и по регионам.

В условиях Украины уместен территориальный принцип расположения организаций, которые занимаются ремонтом мостов. Закрепление за ремонтными организациями определенного количества мостов позволит ремонтировать мосты планомерно, в течение всего года, а самым организациям иметь постоянный состав рабочих и оборудования.

Лекция 2: РЕМОНТ ЭЛЕМЕНТОВ МОСТОВОГО ПОЛОТНА

2.1. Ремонт покрытия проезжей части и тротуаров

Для устранения местных выбоин, просадок, наплывов используют технологию локального ремонта с применением инфракрасных разогревателей.

Разогревается асфальтобетон проезжей части на 100 мм больше в каждый сторону, чем разрушения (рис. 2.1). Прямоугольник старого бетона по периметру смазывается битумом. Слой асфальтобетона укладывается на 1 см выше старого и уплотняется катком. Асфальтобетон используется мелкозернистый тип А или В.

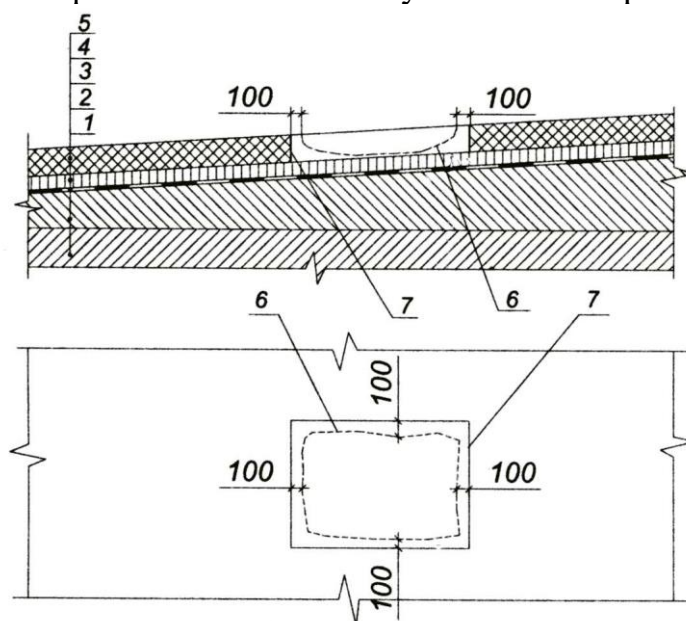


Рисунок 2.1 – Ямочный ремонт

1 – плита балки; 2 – сточный треугольник; 3 – гидроизоляция; 4 – защитный слой; 5 – асфальтобетон; 6 – контур выбоины; контур раскрытия

Если покрытие имеет большое количество неровностей, ям, нарушение поперечного уклона для восстановления асфальтобетонного покрытия применяется термопрофилирование. Термопрофилирование может выполняться по следующим технологиям:

- термогомогенизация;
- термоукладка;
- термосмешивание;
- термопластификация.

Независимо от технологии термопрофилирование состоит из следующих операций:

- нагрев покрытия;
- распушивание его на глубину 2÷5 см;
- планировка и уплотнение.

Все работы по термопрофилированию механизированы и выполняются специальными комплектами высокопроизводительных механизмов.

Термогомогенизация – регенерация асфальтобетона путем перемешивания старой асфальтобетонной смеси. Наиболее экономичный способ, совсем не требует или до 20 кг/м² новой смеси.

Термоукладка – добавка от 20 до 50 кг/м² новой смеси в виде самостоятельного слоя над спланированной старой асфальтобетонной смесью. Позволяет ремонтировать неровные покрытия с недопустимыми поперечными уклонами, а также асфальтобетон, требующий корректировки. Способ эффективен в случае невозможности распушивания покрытия на минимально допустимую глубину, вследствие прохладной погоды или отсутствия разогревателей. Позволяет усиливать дорожную одежду при затратах новой смеси более 50 кг/м², за счет одновременного уплотнения старого и нового слоя.

Термосмешивание – перемешивание новой и старой смеси и укладка в один слой. Имеет все преимущества термоукладки с большим качеством регенерации слоя.

Термопластификация – регенерация старого асфальтобетона выполняется с помощью введения в старую асфальтобетонную смесь во время перемешивания пластификаторов – восстановителей (жидкие нефтепродукты). Новую асфальтобетонную смесь добавляют в минимальном количестве - до 20 кг/м².

2.2. Ремонт гидроизоляции

Гидроизоляция с использованием битумных и рулонных материалов:

1) Битумномастичная гидроизоляция типа БМ-1 или БМ-2.

Порядок нанесения – грунтовка, мастика, материал для армирования (стеклоткань для БМ-1 и стеклосетка для БМ-2), мастика, материал для армирования, мастика.

2) Битумнорулонная наплаваемая гидроизоляция типа БРН.

Состоит из слоя грунтовки и двух слоев гидростеклоизола, фольгоизола или мостоизола, которые наклеиваются по способу наплавления и слоя грунтовки.

3) Резиноподобная гидроизоляция типа РПР (РПГ).

Состоит из грунтовки, слоя мастики, рулонного материала (бутизола) и верхнего слоя мастики.

Гидроизоляция выравнивающего слоя из бетона на напрягаемом цементе.

Использование бетона на НЦ в неразрезных пролетных строениях возможно если растягивающие напряжения в верхней зоне бетона от временной нагрузки не превышает расчетное сопротивление бетона на растяжение.

Выравнивающий слой армируется «рамным контуром», имеющим ширину около 1,1 м (рис. 2.2). Продольные арматурные стержни рамного контура размещаются вдоль фасадных боков пролетного строения. Поперечные, в разрезных системах, вдоль торцов и в неразрезных в надпорных зонах, а также каждые 7 – 8 м по всей длине пролетного строения.

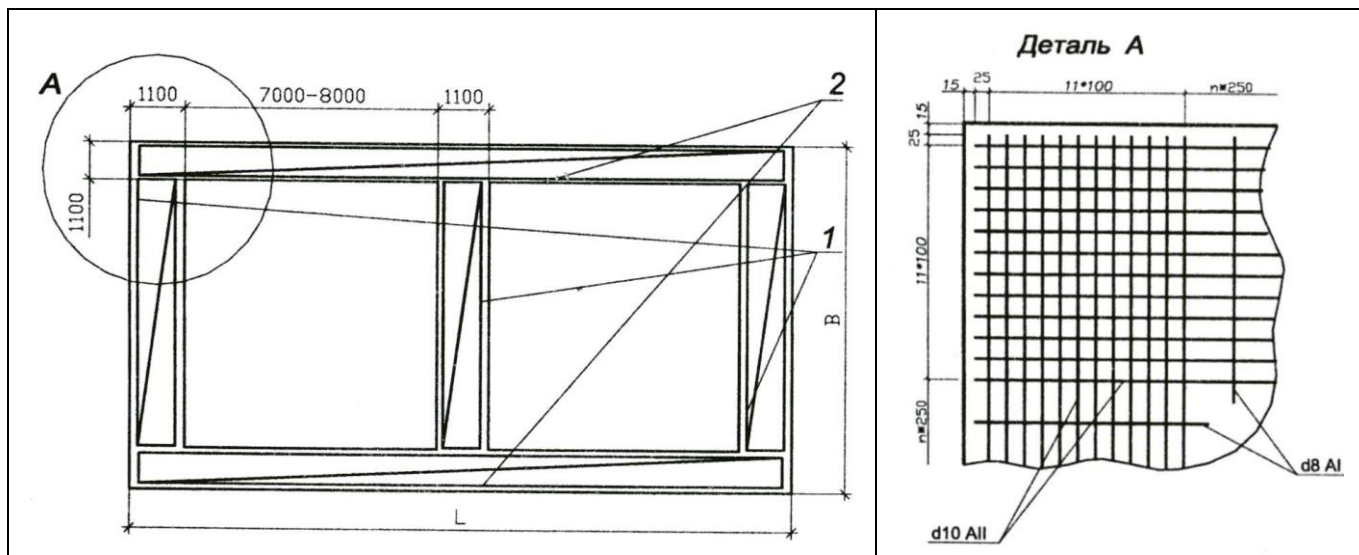


Рисунок 2.2 – Армирование «рамного контура» при устройстве гидроизоляции выравнивающего слоя из бетона на напрягаемом цементе

L – длина пролета; В – ширина пролета;

1 – продольная арматурная полоса; 2 – поперечная арматурная полоса

Обмазочная гидроизоляция с использованием перхлорвиниловой эмали ХС-710 и клея СПРУТ.

Эмаль - это композиция серого цвета на основе перхлорвиниловой смолы. Эмаль наносят в три слоя, последовательно после высыхания каждого слоя.

Составляющими клея СПРУТ 5МДИ является двухкомпонентная вяжущее вещество, наполнитель, инициатор и ускоритель. Вяжущее вещество - ненасыщенная полиэфирная смола ПН-1 и модифицирующая добавка. Инициатор - перекись метилэтилкетона. Ускоритель - нафтенат кобальта. Наполнитель - цемент.

Клей СПРУТ наносят слоями в три подхода: нижний - грунтовочный, второй и третий - рабочие. Каждый слой наносят при таком состоянии предыдущего слоя, когда он еще липнет.

Гидроизоляция мастичная с использованием термозащитного слоя.

Битумная мастичная армированная гидроизоляция выполняется по бетону сточного треугольника.

Для защитного слоя применяют мелкозернистую асфальтобетонную смесь типов Б, В, Г толщиной в 40 мм. С целью предупреждения разрушения гидроизоляции при заключении асфальтобетонной горячей смеси поверх нее расстилают без приклеивания рулонный материал термозащитного слоя - пергамин, рубероид и др.

Гидроизоляция на основе битумно-латексной мастики.

Гидроизоляция выполняется из двух слоев битумно-латексной мастики, армированной стекло или льно-джуто-канифольной тканью в один слой или стекло-сеткой в два слоя.

Толщина одного слоя мастики – 2,5-3 мм, грунтованные слои используются для приклеивания материалов (армирующих) к слою мастики и мастики к выравнивающему слою.

Битумно-латексную мастику получают на месте при одновременном распылении на поверхность битумно-латексной эмульсии и коагулянта. Битумно-латексная эмульсия – жидкость темно-серого цвета, содержащая нефтяной битум (59%), синтетический латекс (17%), сульфатное мыло (1,5%), воду (22,5%). Коагулянт – 5 % раствор хлористого кальция в воде.

Обмазывающая гидроизоляция с использованием перхлорвинилового эмали ХС-710 и клея СПРУТ.

Эмаль наносится в три слоя, последовательно после высыхания каждого слоя. СПРУТ 5МДИ – двухкомпонентное вяжущее вещество, наполнитель, инициатор и ускоритель. Вяжущее вещество – ненасыщенная полиэфирная смола ПН-1 и добавка модифицирующая. Инициатор – перекись метилэтилкетона. Ускоритель – нафтенат кобальта. Наполнитель – цемент.

Клей СПРУТ наносится слоями в три приема – нижний грунтовка, второй и третий рабочие. Каждый слой наносят когда нижний еще липнет.

Гидроизоляция пластичная с использованием термозащитного слоя.

Битумная пластичная армированная гидроизоляция выполняется по бетону сточного треугольника. Для защитного слоя используется мелкозернистая а/б смесь типа Б, В, Г толщиной до 40 мм. С целью предупреждения разрушения гидроизоляции во время укладки а/б горячей смеси поверх нее расстилают без приклеивания рулонный материал термозащитного слоя – пергамин или рубероид.

2.3. Ремонт барьеров безопасности

Недостаточная высота барьеров безопасности может быть устранена тремя способами:

- с помощью установки на существующую конструкцию металлического барьерного ограждения (рис. 2.3);
- путем установки сборной или монолитной железобетонной «рубашки» (рис. 2.4);
- заменой существующих блоков тротуаров современными с барьерным ограждением нужной высоты.

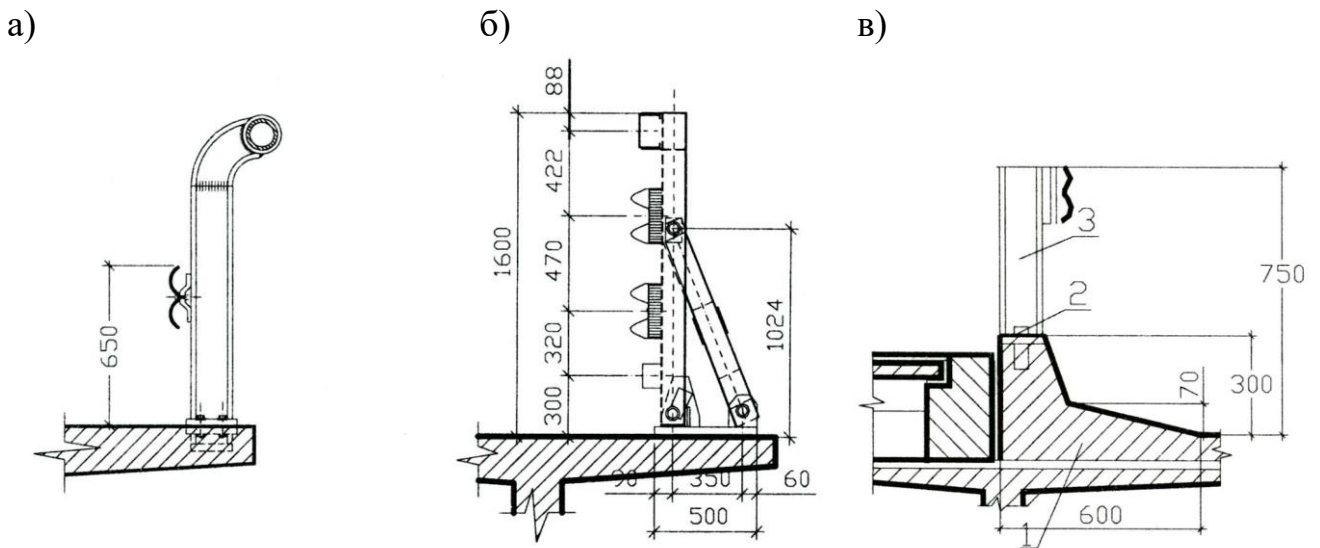


Рисунок 2.3 – Металлические бордюрные ограждения

а, б – металлические барьеры, которые устанавливают на пролетные строения без тротуаров, в – наращивание существующего железобетонного бордюра металлическим ограждением
 1 – существующий барьер; 2 – закладная деталь; 3 – дополнительный барьер

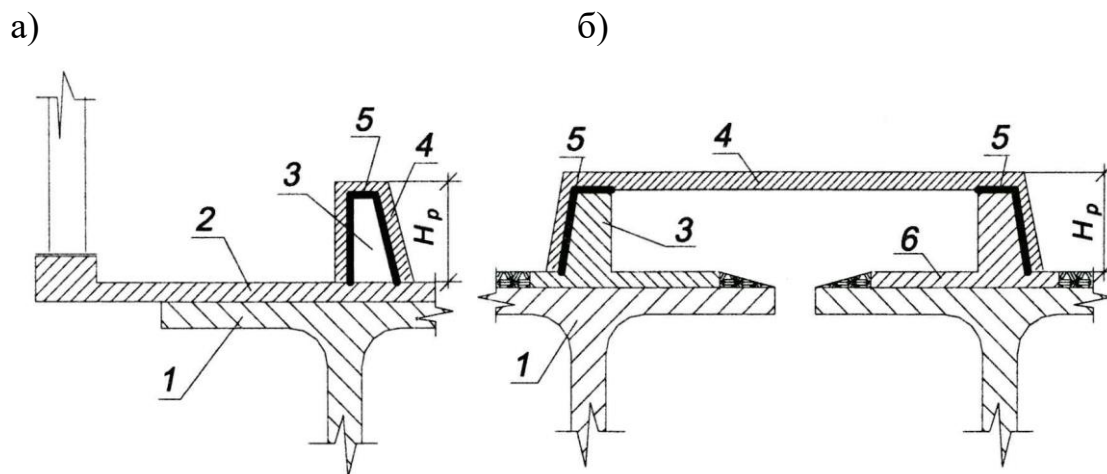


Рисунок 2.4 – Наращивание парапета при помощи железобетонной «рубашки»

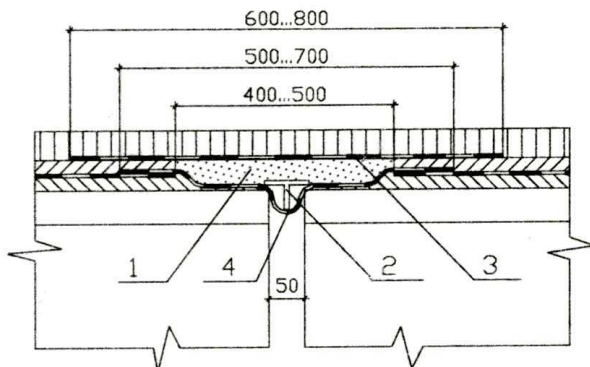
а – со стороны тротуара, б – со стороны разделительной полосы

1 – плита проезжей части; 2 – тротуарная плита; 3 – существующий парапет; 4 – сборная железобетонная «рубашка»; 5 – раствор заполнения; 6 – опорная плита парапета

2.4. Ремонт деформационных швов

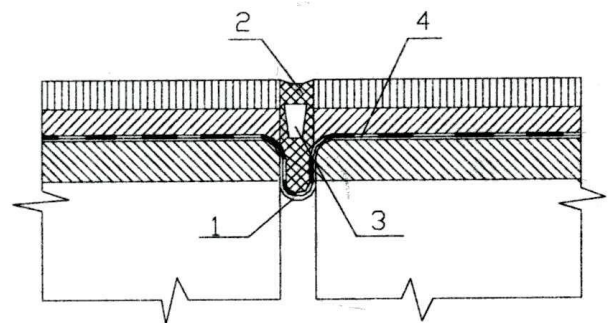
Для ремонта деформационных швов используют следующие типы (рис. 2.5):

- закрытого типа – щебеночный деформационный шов для перемещений от 15 до 30 мм, пролеты 12...24 м;
- заполненного типа – с мастичным заполнителем – для перемещений от 15 до 200 мм, пролеты 15...42 м;
- заполненного типа с резиновым компенсатором – для перемещений от 35 до 55 мм, пролеты 24...84 м;
- открытого типа с плавающим или скользящим листом для перемещений от 100 до 300 мм.



Щебеночный шов

1 – щебень; 2 – крышка; 3, 4 - изоляция



Шов с эластичным компенсатором

1 – компенсатор; 2 – мастика; 3 – уплотнитель;
4 - изоляция

Рисунок 2.5 – Типы деформационных швов

Нередко предусматривают ликвидацию деформационных швов за счет образования температурно-неразрезных пролетных строений (рис. 2.6). Необходимо предусмотреть замену опорных частей, оценить способность опор моста работать на дополнительные горизонтальные усилия, достаточность зазоров в местах установки новых конструкций деформационных швов для реализации перемещений в полученной системе.

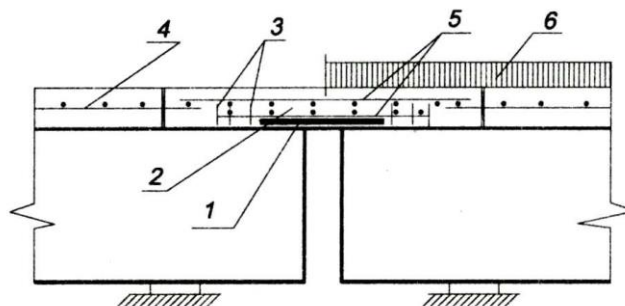


Рисунок 2.6 – Объединение пролетных строений в температурно-неразрезную систему

1 – металлический лист на двух слоях рубероида; 2 – выравнивающий слой; 3 – анкера из арматуры; 4 – арматура выравнивающего слоя; 5 – арматура соединительной плиты;
6 – асфальтобетон

2.5. Ремонт узла соединения моста с насыпью.

В узле соединения при наличии переходной плиты и в зависимости от причин возникновения дефектов выполняют такие виды ремонтов:

- досыпка и крепление монолитным бетоном конуса, если грунт дренирующий;
- ремонт дорожной одежды;
- укрепление поверхностей обочин и уклонов;
- замена грунта насыпи на дренирующий.

В соединениях без переходной плиты в зависимости от категории дороги и высоты насыпи определяется длина плиты. Переходная плита может быть выполнена как в сборном, так и в монолитном вариантах (рис.2.7). Уширение пролетных строений монолитной накладной плитой привело к разработке узла соединения с насыпью в монолитном варианте. Монолитная гибкая переходная плита является продолжением накладной плиты и опирается на существующий уплотненный грунт.

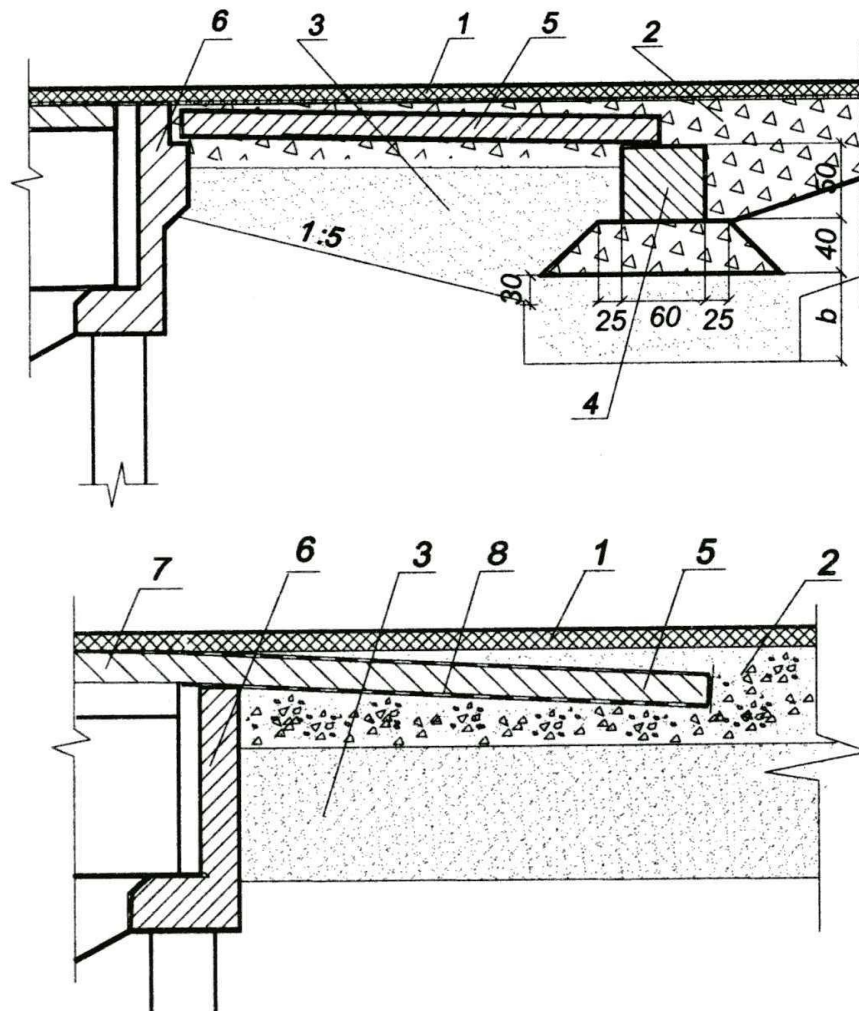


Рисунок 2.7 – Переходная плита

а – сборная плита; б – монолитная гибкая плита;

- 1 – асфальтобетон; 2 – щебень; 3 – песок; 4 – лежень; 5 – переходная плита;
6 – шкафная стенка устоя; 7 – монолитная накладная плита на пролетном строении;
8 – гидроизоляция

Тема 4: РЕМОНТ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ, ОПОР И ФУНДАМЕНТОВ

4.1 Ремонт трещин

Герметизация – заполнение трещин полимерцементным раствором.

Возможна:

- поверхностная – покрытие сетки мелких трещин с раскрытием до 0,5 мм защитными пленками.
- глубинная – нагнетанием в трещины с помощью шприцов на глубину 2–3 см специальных атмосферостойких и эластичных герметиков.

Поверхностная герметизация. Защитные пленки состоят из цементно-песчаного раствора с полимерными добавками (полимерцементные теста или краски). Перед заделыванием трещины расчищают в виде клина с углом 45 - 60° или в виде прямоугольника (рис. 4.1). Если есть необходимость, арматуру очищают от ржавчины, трещины промывают водой и заполняют жестким цементно-песчаным раствором в два слоя, первый (5...7 мм) раствор 1:1, следующий раствор 1:2 – 1:3 после схватывания первого.

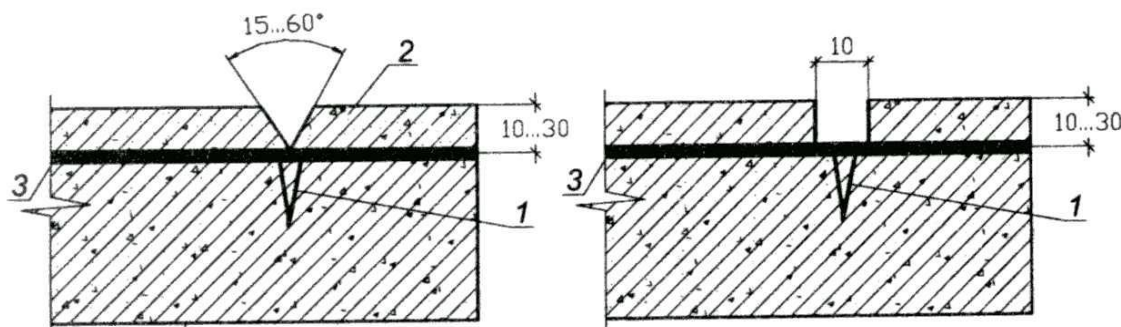


Рисунок 4.1 – Подготовка трещин к герметизации
1 – трещина; 2 – защитный слой; 3 – арматура

Для повышения плотности и лучшего сцепления рекомендуется применять полимерцементные краски, при ширине трещин 0,1-0,2 мм, а тесто при 0,3 мм. Полимерцементное тесто состоит из цемента поливинилацетатной эмульсии и воды. На 10 л цемента берут 2,5 л ПВАЭ и 3,5...4 л воды. Полимерцементная краска имеет воды до 6..8 л. Раствор наносят слоем 5...7 см, а потом втирают его в уровень с поверхностью элемента. Через 1 час раствор смачивают и присыпают сухим цементом. При температуре укладки выше 30°C поверхность поливают водой 2-3 раза в течении суток.

Глубинная герметизация. Выполняется тиоколовыми герметиками У-30, МЭС-5, УТ-34 с помощью специальных шприцов с резиновым наконечником. Такой шприц за 1 раз заполняет трещину длиной 5 см. Заполнение трещин производится перемещением шприца вдоль трещины не отрывая его от бетона.

Тиоколовые герметики твердеют на протяжении 2-4 часов, поэтому их приготавливают на месте проведения работ непосредственно перед использованием.

Состав герметика:

- герметизирующая паста УТ-34 – 100 в.ч.;
- паста вулканизатор (№9) – 10 в.ч.;
- ускоритель твердения – 1 в.ч.;
- пластификатор – эпоксидная смола – 5-10 в.ч.;
- растворитель – ацетон – 5-10 в.ч.

Эластичные герметики применяются для заделки трещин, которые под воздействием временной нагрузки или температурных колебаний изменяют раскрытие больше чем на 0,15 мм.

Глубинное инъецирование. Глубинное инъецирование полностью восстанавливает поперечное сечение. Для этого используют эпоксидные клеи и наполнители.

Эпоксидная смесь:

1. Клей ЭД-20, ЭД-21

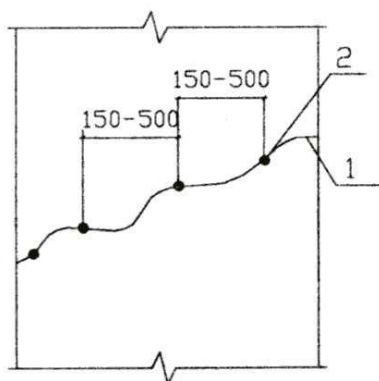
- смола 100 в.ч.;
- растворитель - дибутилфталат – 40 в.ч.;
- отвердитель – полиэтиленполиамин – ПЭПА – 10...15 в.ч.

(чистый клей применяют для заполнения трещин шириной до 0,3 мм).

2. Наполнитель – цемент 100...200 в.ч. (заполнение трещин более 0,3 мм)

Для инъецирования клея в трещины сверлят отверстия $d=12$ мм и глубиной 60 мм (рис. 4.2).

а)



б)

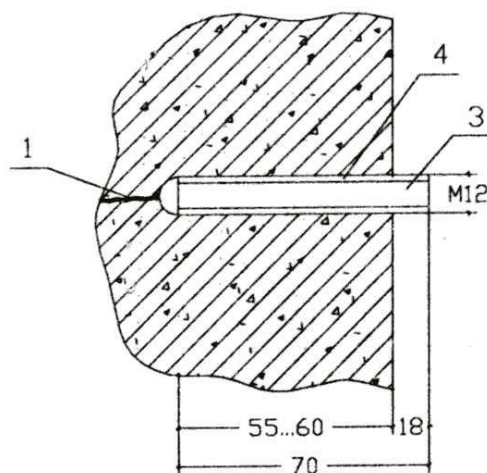


Рисунок 4.2 – Инъецирование трещин

а – размещение трубок для инъецирования; б – конструкция штуцеров
1 – трещина; 2 – отверстия для инъекторов; 3 – штуцер инъектора; 4 - клей

Если трещина сквозная – отверстия сверлят с обоих боков. Отверстия очищаются от пыли сжатым воздухом, устанавливают штуцеры, обмазанные

клеем. Расстояние между штуцерами 15...50 см в зависимости от раскрытия трещин.

Инъектирование производят под давлением 100 кг/см² с помощью оборудования УНК-2, разработанного киевской лабораторией УНИИСА. Полное отверждение наступает через 10 суток при средней температуре $t=20^{\circ}\text{C}$.

4.2 Восстановление бетона конструкции.

Выбор способа ремонта зависит от величины дефектных поверхностей.

Различают три технологии ремонта:

1. Бетонирование с помощью опалубки;
2. Торкретирование или набрызгбетонирование;
3. Применением сухих ремонтных смесей.

Перед проведением ремонта необходимо очистить поверхность от продуктов коррозии арматуры и бетона, ослабленного бетона, грязи, пыли и т.д.

Очистка может производиться различными способами:

1. Вручную с помощью металлических щеток и метлы – только на отдельных небольших участках;
2. Механизовано с использованием круглых вращающихся щеток или корундовых дисков – для снятия различных наслоений посторонних материалов, крепко сцепленных с основой;
3. Поточковой технологией – целесообразно использовать при необходимости очистки больших поверхностей.

Виды поточковой технологии:

- обработка свободным потоком сжатого воздуха – через сопло на ремонтируемую поверхность потоком сжатого воздуха подается кварцевый песок или стальной порошок;

- вакуумно-напорная технология – струйная обработка сжатым воздухом комбинируется с одновременным отсосом песка и грязи с поверхности бетона специальным вакуумным оборудованием;

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па} = 0,987 \text{ атм. } 1 \text{ атм} = 1 \text{ кг/см}^2$$

- огневая очистка – поверхность бетона обрабатывается потоком огня из кислотно-ацетиленового паяльника; эту технологию необходимо использовать только для очистки сильно загрязненных поверхностей и очень осторожно;

- пароструевая очистка и очистка водой под давлением; воду необходимо удалить с поверхности после окончания операции; до 20 атм;

- химическая обработка бетона не может быть рекомендована из-за возможности возникновения коррозии арматуры.

В случае коррозии арматуры, ее необходимо очистить до металлического блеска.

При бетонировании в опалубке при нанесении раствора на сухую поверхность наносят грунтовку из эпоксидной смолы, ускорителя и пластификатора в отношении 100:10:20. Следующий слой – промежуточный из эпоксидной смолы, ускорителя и наполнителя цемента. Его наносят на полностью

сухую грунтовку. Третий слой наносят из обычного бетона на влажный промежуточный слой.

Варианты бетонирования в опалубке показаны на рис. 4.3.

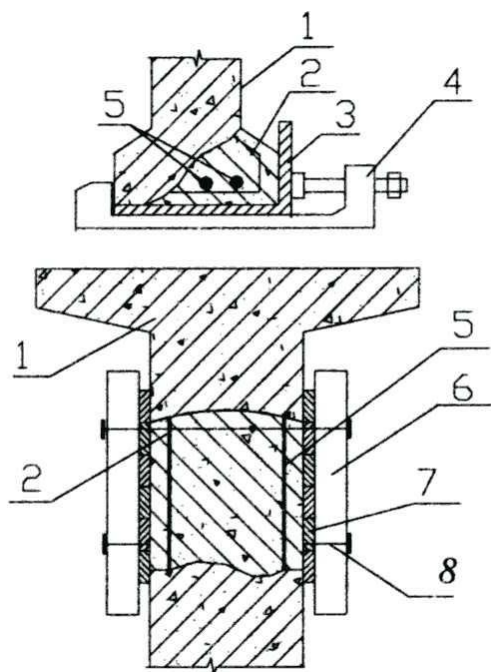


Рисунок 4.3 – Опалубка для восстановления бетона конструкций
а – ремонт скола угла; б – ремонт сквозного разрушения

1 – элемент; 2 – участок, который необходимо восстановить;
3 – закладная опалубка; 4 – трубочина; 5 – арматура; 6 – вертикальные бруски; 7 – доски опалубки; 8 – болт

В тех случаях, когда количество раковин и сколов достигает более 30% от площади поверхности используют способ торкретирования или набрызгбетонирования.

Торкретирование осуществляется с помощью специальных цемент-пушек. Бетонная смесь сухая и вода подается под давлением 4-7 атм. сжатым воздухом на ремонтируемую поверхность.

Торкретирование выполняется в два слоя. Первый слой (10-20 мм) рекомендуется выполнять из цемента ПЦ 300 и песка не крупнее 5 мм. Для второго слоя (10-15 мм), наносимого через 24 часа, используют ПЦ 500 и песок не крупнее 2 мм. Торкретбетон армируют сетками из стержней диаметром 2-3 мм, если толщина слоя не более 3 см.

Состав раствора торкретбетона 1:3 (цемент : песок), масса воды - 10÷15% от массы цемента.

Набрызгбетон

Набрызгбетон наносят с помощью специальных установок растворонасосов и пневматических нагнетателей. Смесь из портландцемента (ПЦ 400), заполнителя – песок размером до 5 мм или гранитных высевок (до 10 мм), щебня фракции не более 20 мм и воды приготавливается в циклических бетоносмесителях.

Наносится под давлением 7 – 8 атм. Толщина первого слоя - 10 мм. Следующий слой 20 – 30 мм, наносится через 20 – 40 мин. после первого. После 8 - 10 часов требует увлажнения не менее 2 разов 1 сутки на протяжении 7 суток. В/ц – 0,4. В состав бетонной смеси могут вводить различные химические добавки: ускорители твердения и пластификаторы.

4.3 Защита железобетона от коррозии.

Повышение коррозионной стойкости поверхностного слоя конструкции достигается такими способами: гидроизоляцией, силикатизацией, торкретированием и покрытием перхлорвиниловыми эмалями.

Гидрофобизация – придание поверхности свойства не увлажняться. Для гидрофобизации используют:

- водную эмульсию ГКЖ-94 (50 % раствор кремния органической жидкости);
- раствор ГКЖ-94 в уайт-спирите.

Материалы наносят с помощью щетки или пульверизатором на сухую очищенную поверхность с расходом 250–300 т эмульсии на 1 м² в один слой.

Силикатизация - состоит в нанесении на конструкцию жидкого стекла, после его подсыхания – раствора хлористого кальция. При этом возникает химическая реакция, в следствии которой возникает силикат кальция заполняющий поры и повышающий стойкость конструкции, и соль смываемая водой.

Перхлорвиниловые краски. Покрывают многослойные: 2 слоя грунтовки и 1-3 покрывных. Для грунтовки используют грунтовку ХС-010 или лак ХСЛ. Для второго слоя грунтовки те же самые материалы с добавкой цемента в соотношении 1:1. Перхлорвиниловые эмали используют как покрывные материалы.

4.4 Ремонт диафрагменных пролетных строений

Ремонт дефектных диафрагм заключается в демонтаже старых накладок, зачистке стальных закладных деталей от ржавчины и приваривания новых накладок. Если оси диафрагм не совпадают, то сначала приваривают подкладки, которые позволят выровнять поверхность для установки новых накладок (рис. 4.4).

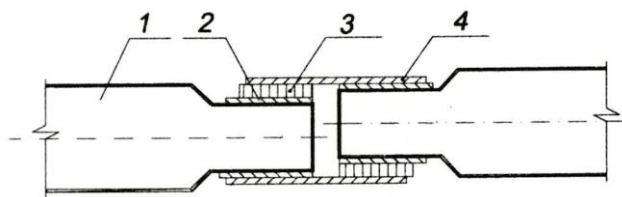


Рисунок 4.4 – Ремонт диафрагм

1 – диафрагма; 2 – закладная пластина; 3 – стальная прокладка 4 - накладка

4.5 Ремонт опор и фундаментов

Ремонт подферменников состоит в их замене или усилении. Замена подферменников – очень сложная работа, что требует подъема пролетного строения, в итоге закрытия движения по мосту.

Усиление может осуществляться с помощью металлической или железобетонной обоймы (рис. 4.5). Для металлической обоймы применяется прокатный металл, который затягивается болтами вокруг существующего подферменника. Разрушенные края старого подферменника удаляют и заполняются новым бетоном.

Железобетонная обойма толщиной 10-12 см армируется арматурой Ø14-16 мм.

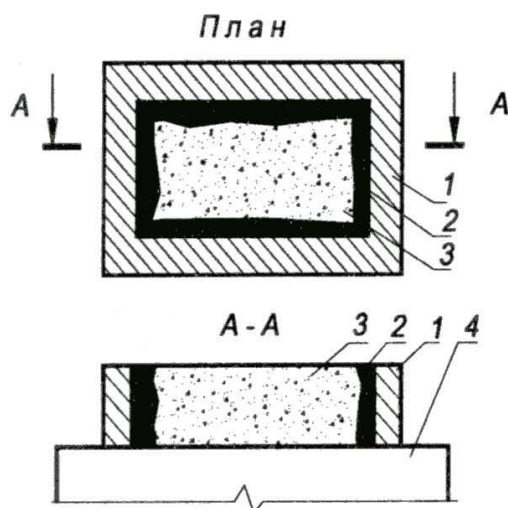


Рисунок 4.5 – Ремонт подферменника

1 – обойма металлическая или железобетонная; 2 – бетон, который необходимо удалить;
3 – старый подферменник; 4 – тело опоры

В случае большого количества глубоких трещин и полостей в опорах, которые разделяют массивную кладку на отдельные блоки, устанавливают металлические крепления или железобетонные пояса или оболочки.

Металлически крепления относят к временным и устанавливают при аварийном состоянии сооружений. Кладку обратных стенок устоев можно укреплять тяжами (рис. 4.6), которые пропускают через кладку стенок и засыпку устоя. Под гайки тяжей устанавливают большие шайбы.

Железобетонные пояса. При капитальном ремонте в районе трещин кладку усиливают железобетонными поясами (рис. 4.7), высотой до 1 м и толщиной 20-35 см. Их армируют продольной и поперечной арматурой 14-20 мм. Для объединения с основной кладкой устанавливают анкеры диаметром 20-24 мм в заранее пробуренные наклонные отверстия глубиной 50-60 см и заливают их цементным раствором.

Железобетонные оболочки, без снятия облицовки, делают толщиной 12-15 см, а при замене облицовки – 50-60 см. Оболочку армируют сетками с арматуры Ø20-25 мм с шагом 10-20 см и прикрепляют к анкерам Ø20мм, которые заглубляют в кладку на 8-10 диаметров (рис. 4.8).

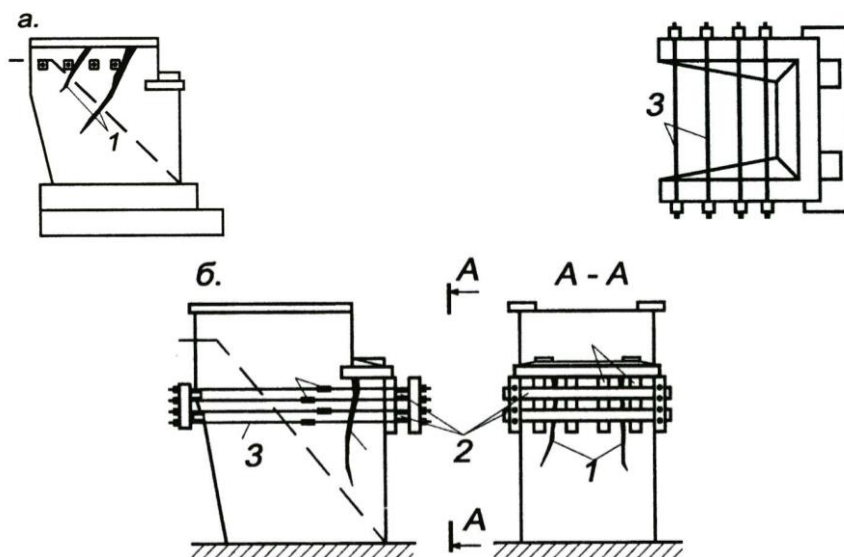


Рисунок 4.6 – Укрепление кладки устоев
 а – обратная стенка; б – передняя стенка;
 1 – трещины; 2 – каркасные балки; 3 – тяжи

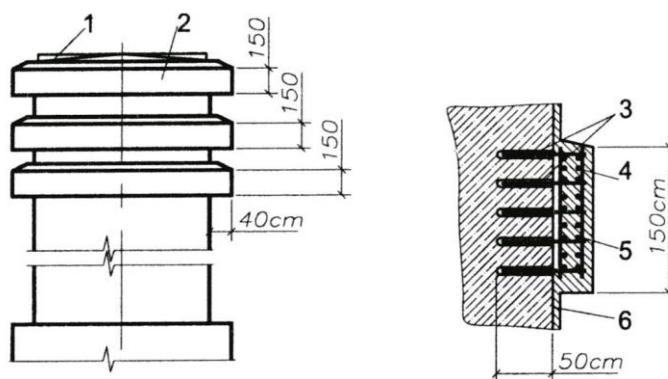


Рисунок 4.7 – Железобетонный пояс
 1 – подферменник; 2 – железобетонный пояс; 3 – анкеры; 4 – арматура пояса;
 5 – хомут; 6 – штукатурка

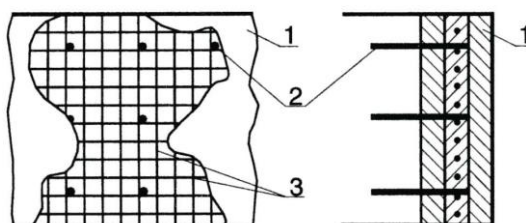


Рисунок 4.8. – Железобетонная оболочка (армирование)
 1 – защитный слой; 2 – анкер $\varnothing 20$ мм; 3 – арматурная сетка оболочки

Цементация массивных опор. Массивные сооружения, которые имеют большое количество внутренних дефектов, цементируют под давлением 10-15 атм (1-1,5 мПа) водоцементным раствором – это так называемая цементация.

Для этого в кладке перфоратором разбуривают наклонные отверстия диаметром 36-75 мм с шагом 0,9-1,5 м, в отверстия устанавливают инъекторы и сквозь них промывают сооружение водой, а потом продувают сжатым воздухом под давлением 0,2 МПа.

Промывание и продувание выполняют сверху к низу, после чего инъекторы заглушают деревянными пробками. Цементный раствор нагнетают снизу вверх. Сначала цементный раствор, что имеет ВЦ 10:1, подают под давлением 0,1 МПа, потом давление повышают степенями по 0,05 МПа и доводят его в конце процесса до 0,5-1,5 МПа в зависимости от типа кладки. Водоцементное отношение постепенно уменьшается 1:1.

По мере нагнетания отверстия заглушают деревянными пробками. Цементация считается оконченной, когда при подаче раствора под граничным давлением за 10-15 минут поглощения не происходит.

Цементация выполняется специальными установками УИ- 100.

Ремонт фундаментов и подводных частей опор очень сложный, поэтому он выполняется только по специальным проектам после детального подводного обследования конструкции. Наиболее распространенный способ - «рубашка» может быть сделана с водоотливом или подводным способом (рис. 4.9).

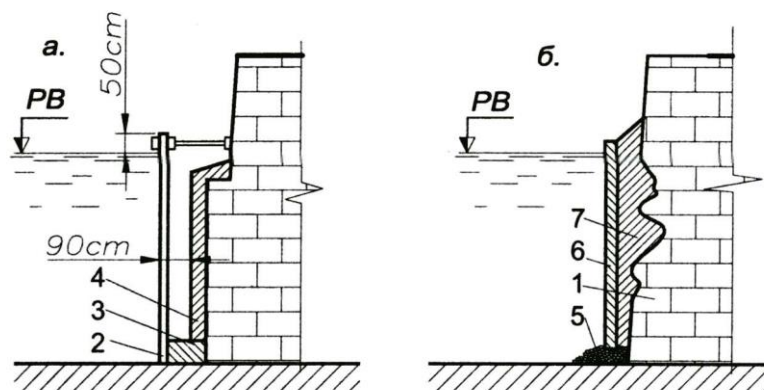


Рисунок 4.9 – Железобетонная «рубашка» усиления подводной части опор

а – с откачкой воды; б – без откачки воды;

1- опора; 2 – шпунт; 3 – подводный бетон; 4 – железобетонная «рубашка»; 5 – каменная отсыпка; 6 – железобетонная оболочка ограждения; 7 – бетон заполнения

Водонепроницаемые перемычки выполняют следующим образом:

- устраивают шпунтовое ограждение;
- подводным способом бетонируют тампонажную подушку толщиной 0,5 – 1,5 м, после ее твердения откачивают воду;
- по мере откачивания воды, устанавливают распорки между телом опоры и шпунтом;
- после установки арматурного каркаса на теле опоры бетонируют «рубашку».

Подводный способ состоит из следующих видов работ:

- элементы железобетонных или металлических ограждений опускают с плавсредств на каменную отсыпку;
- зазор между телом опоры и ограждения бетонируют.

Лекция 5. УСИЛЕНИЕ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ И ОПОР МОСТОВ

5.1 Усиление железобетонных и бетонных пролетных строений

Усиление железобетонных балок дополнительной арматурой.

Применяется для усиления железобетонных балок, армированных ненапрягаемой стержневой арматурой. Способ заключается в приварке к существующей арматуре дополнительных стержней в зоне максимальных изгибающих моментов.

Перед этим стержни нижнего ряда арматуры освобождают от бетона и к ним приваривают отрезки арматуры длиной 10-20 см (коротыши). А к ним приваривают стержни дополнительной арматуры (рис. 5.1, а). После этого защитный слой восстанавливают торкретированием или бетонированием в опалубке. Достигается усиление на 10 - 15 %.

Для проведения работ движение транспорта временно прекращается или ограничивается эксплуатацией одной полосы с противоположного бока относительно ремонтируемой балки.

Если необходимо увеличить несущую способность элемента на 20–40 %, увеличивают рабочую высоту сечения. В этом случае зона усиливается арматурным каркасом, состоящим из продольных, поперечных стержней и хомутов (рис. 5.1, б).

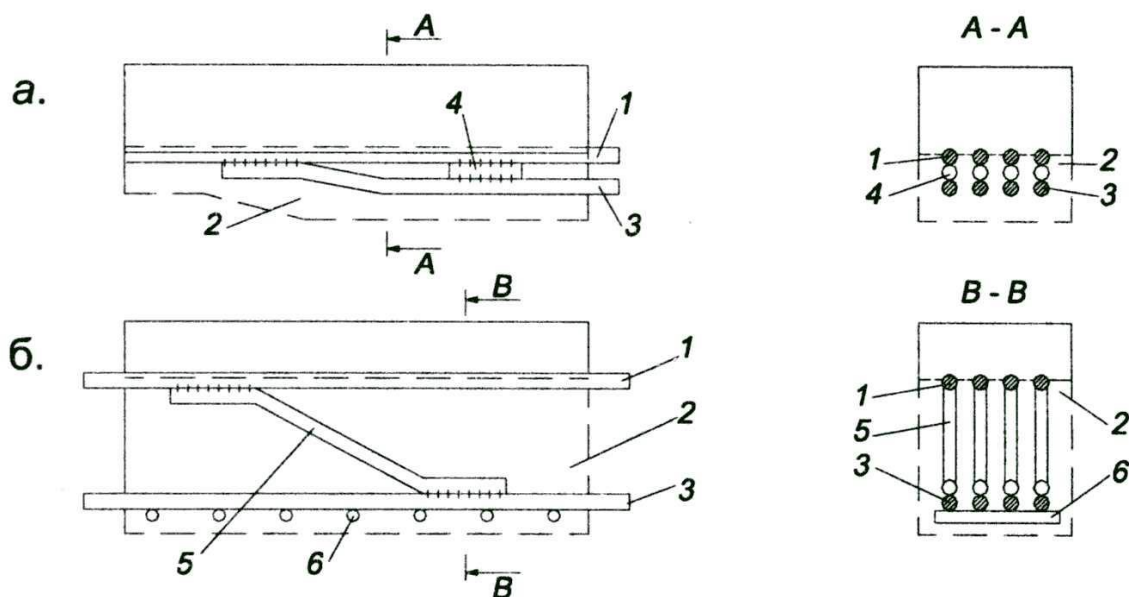


Рисунок 5.1 – Схема усиления дополнительной арматурой

1 – существующая арматура; 2 – зона усиления; 3 – арматура усиления; 4 – отрезок арматуры 10-20 см; 5 – наклонный стержень; 6 – горизонтальный хомут дополнительной арматуры

Недостатки:

1. Технология работ достаточно сложная, а также тяжело выполнять, в связи со стесненными условиями работы.

2. Установление и приварка арматурного каркаса требует выдерживания рекомендованных правил температурного режима сваривания.

Бетонируется новая часть балки в опалубке. Опалубка подвешивается или устанавливается на подмости. Смесь подается в опалубку через специальные загрузочные окна, высотой 0,5 – 1,0 м, что также усложняет технологию выполнения работ.

После снятия опалубки приливы бетона в местах загрузочных окон должны быть срублены.

Ограничения:

Многие сооружения имеют лимитированные подмостовые габариты, например: путепроводы, которые пересекают железнодорожные и автомобильные дороги, мосты с ограниченными отверстиями обусловленными гидравлическими расчетами и т.д.

Усиление пролетных строений с помощью монолитной железобетонной накладной плитой и приклеенной растянутой арматуры.

1. Можно усиливать пролетные строения, армированные обычной каркасной арматурой и предварительно напряженной.

2. Накладная плита используется не только как сжатый элемент усиливаемого сечения, а и для расширения проезжей части сооружения.

Дополнительная арматура используется в виде листовой стали или стандартных прокатных профилей.

Конструкция усиления на рис. 5.2 представляет собой шпренгельную систему. Для того, чтобы включить дополнительную арматуру в работу, установлены наклонные тяжи, а клеевой шов обжимается вертикальными тяжами. Необходимо усилие в тяжах достигается с помощью затягивания гаек. Клеевой шов обеспечивает совместность деформаций растянутого бетона и арматуры усиления.

Количество вертикальных тяжей и их сечение принимается таким, чтобы обеспечить равномерность передачи обжимающего усиления.

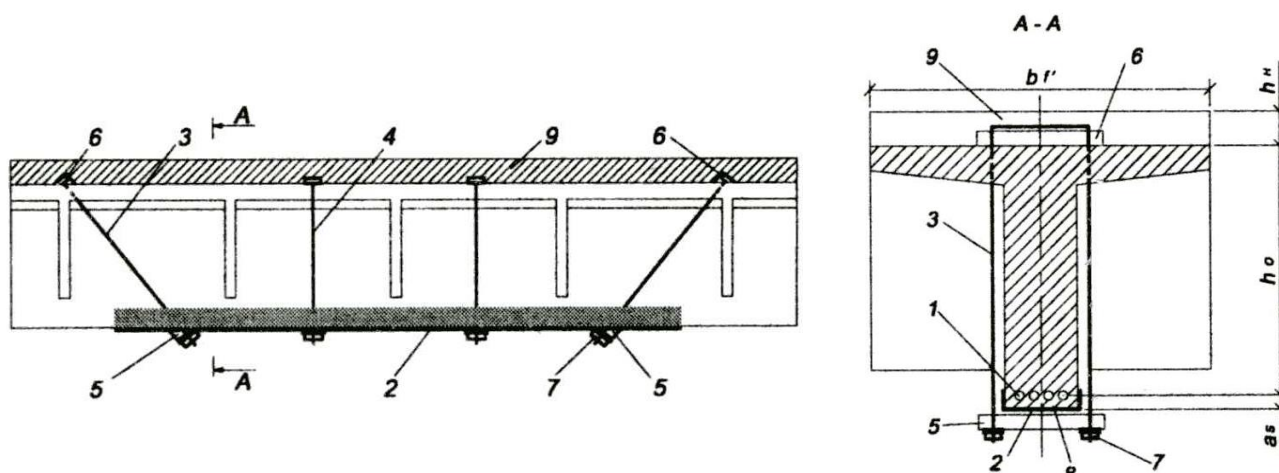


Рисунок 5.2 – Усиление накладной плитой и приклеенной арматурой

- 1 – существующая арматура; 2 – приклеенная растянутая арматура; 3 – наклонные тяжи;
- 4 – вертикальные тяжи; 5 – нижний упор; 6 – верхний упор; 7 – натяжная гайка и шайба;
- 8 – клеевой шов; 9 – монолитная накладная плита

Усиление с помощью устройства железобетонной оболочки.

Если требуется усиление и на главные растягивающие напряжения, то балки заключаются в железобетонные оболочки, армируя их дополнительными косыми стержнями и хомутами (рис. 5.3). Хомуты могут быть предварительно напряженными, из высокопрочной стали, с анкерровкой на верхней поверхности плиты проезжей части (рис. 5.4). Оболочку бетонируют торкретированием или в опалубке на подмостях. Способ натяжения арматуры может быть с помощью электронагрева, домкратами, болтовыми соединениями и другими.

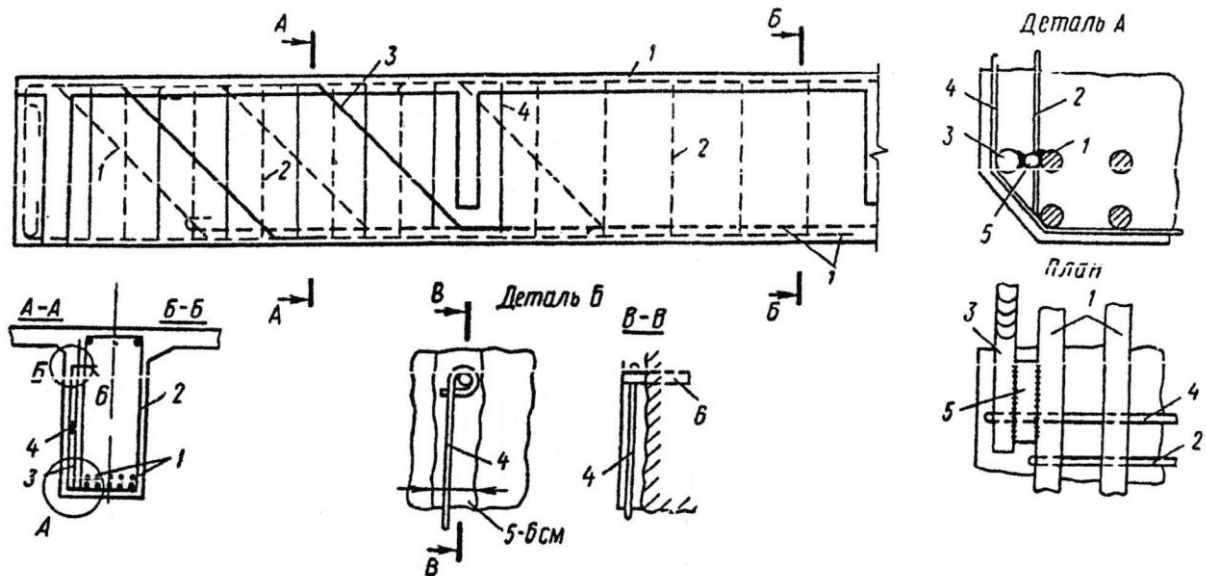


Рисунок 5.3 – Усиление балок на главные растягивающие напряжения
1 – существующая продольная арматура; 2 – существующие хомуты; 3 – косая арматура усиления; 4 – хомуты усиления; 5 – коротыши для приварки косых стержней; 6 – штыри для крепления хомутов

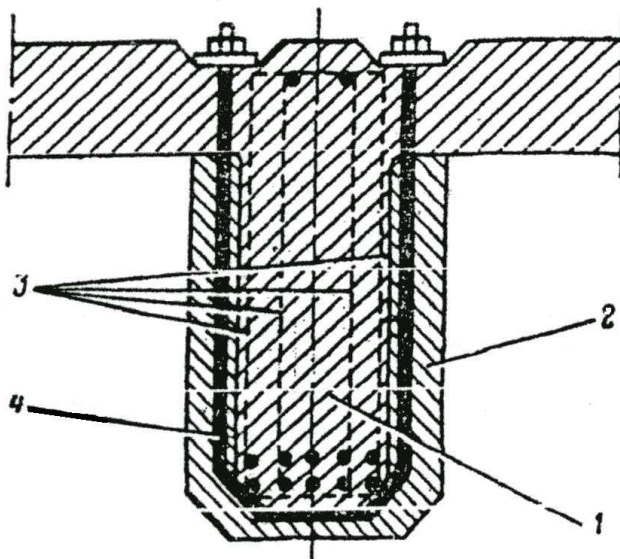


Рисунок 5.4 – Усиление балок с применением предварительно-напряженных хомутов

1 – старый бетон; 2 – новый бетон;
3 – хомуты основной конструкции;
4 – хомуты усиления

Изменение расчетной схемы железобетонного пролетного строения.

Измененная статическая схема должна быть по возможности такой, при которой новые эпюры изгибающих моментов и поперечных сил имеют те же знаки, что и до усиления. Этому в наибольшей степени удовлетворяют шпренгельные конструкции усиления (рис. 5.5). Шпренгели составляют из двух ветвей, располагаемых симметрично по отношению к ребру каждой балки. Очертание может быть прямолинейным и полигональным. При прямолинейном очертании уменьшаются только изгибающие моменты в балке, при ломаном – изгибающие моменты и поперечные силы.

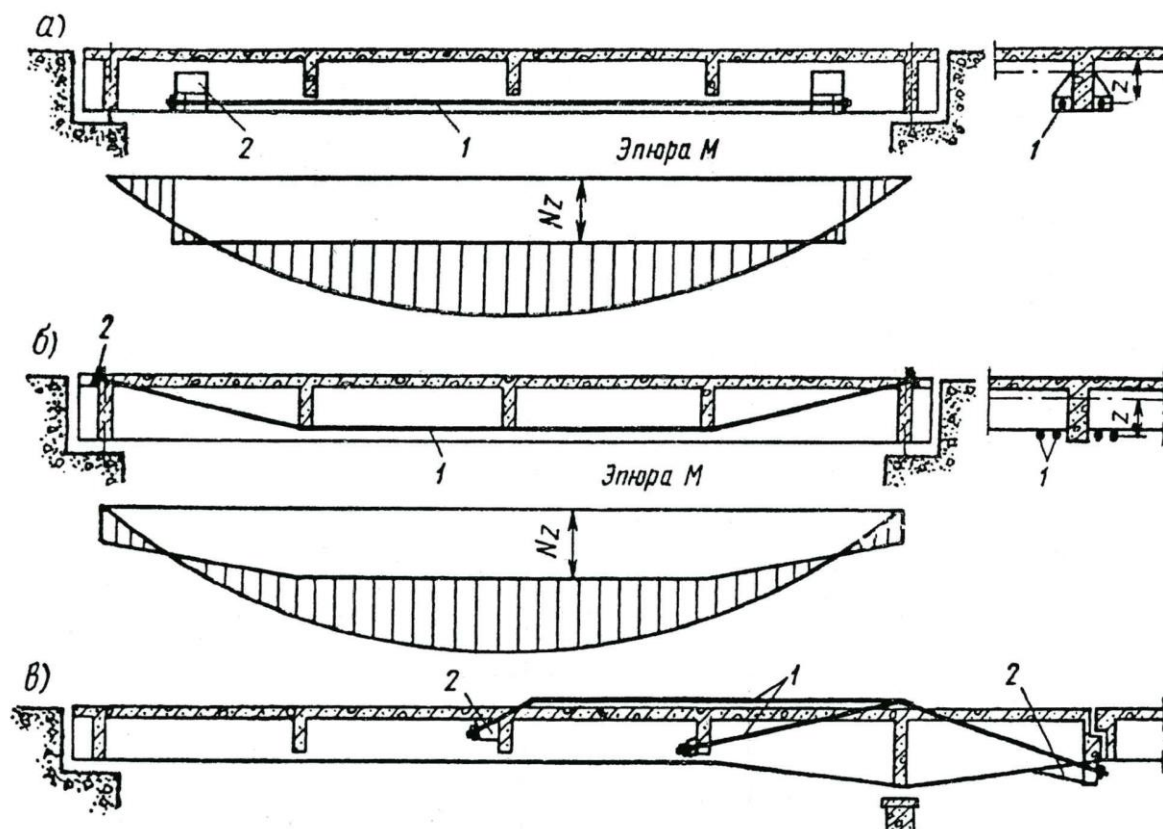


Рисунок 5.5 – Схемы усиления балок

а – на части длины балки горизонтальными шпренгелями; б – полигональным шпренгелем; в – консольных балок

1 – кабель; 2 – упор для натяжения кабеля

Шпренгели могут быть выполнены из кабелей, составленных из тонкой высокопрочной проволоки, собранной в пучки или из витых тросов заводского изготовления, а также из стержней высокопрочной арматуры. Кабели защищают от коррозии специальными составами или же помещают в трубки с последующим нагнетанием в них цементного раствора. Стержневую арматуру окрашивают обычным способом. Для разгрузки балок шпренгели натягивают. Способы натяжения зависят от конструкции шпренгелей и анкерных закреплений (рис. 5.6).

Массивные арочные пролетные строения из бетонной или каменной кладки усиливают, разгружая своды от веса надсводных строений или возводя дополнительные железобетонные своды усиления.

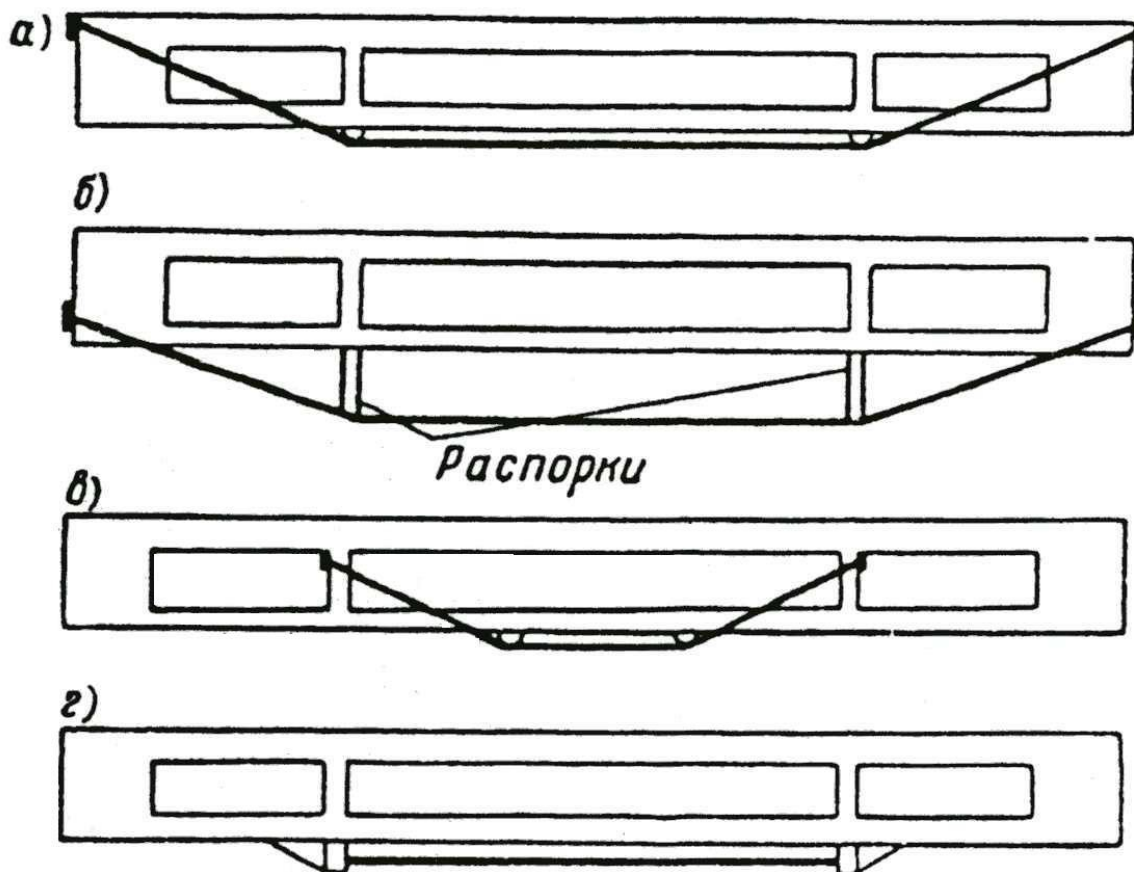


Рисунок 5.6 – Схемы усиления балок шпренгелями
а и б– шпренгелем ломанного очертания на полной длине балки; в – шпренгелем ломанного очертания в средней части балки; г – горизонтальным шпренгелем в средней части балки

Надсводное усиление может быть удалено (рис. 5.7) частично или полностью и заменено железобетонным перекрытием, поддерживающим проезжую часть моста. Конструкция перекрытия предпочтительно плитная с минимальной строительной высотой, чтобы не сильно изменять отметки проезда по мосту.

Разгружая своды от веса надсводного строения, следует иметь в виду, что при этом уменьшаются сжимающие напряжения в них и возрастают растягивающие от временной нагрузки. Поэтому такой способ усиления может оказаться нецелесообразным.

Дополнительный свод усиления может быть расположен над существующими сводами или под ним. В первом случае работы по усилению возможны только с перерывом движения. Если свод усиления расположен под существующим, то все работы можно вести без закрытия движения, но бетонировать придется в очень стесненных условиях. Для совместной работы своды соединяют анкерами, штрабами и т.д. Для опирания сводов усиления, расположенных снизу, приходится уширять опоры моста.

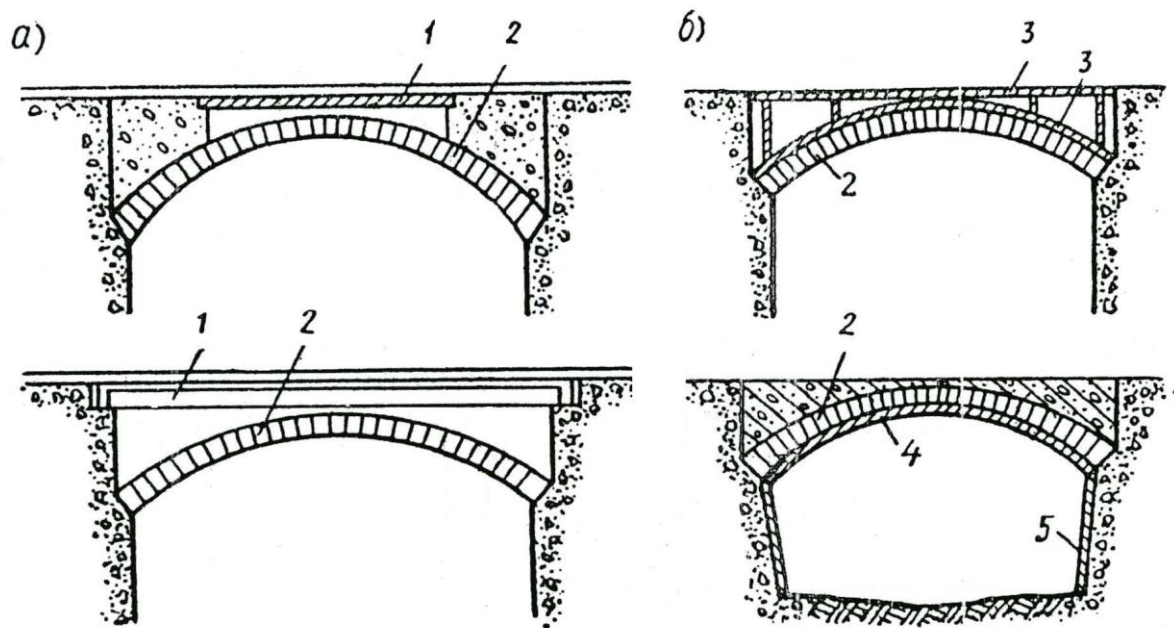


Рисунок 5.7 – Усиление массивных сводов

1 – железобетонное перекрытие; 2 – существующий свод; 3 – облегченное надсводное строение;
4 – свод усиления; 5 – уширенная часть опоры

5.2 Усиление опор

Необходимость в усилении массивных опор возникает при значительном разрушении их кладки, когда мерами капитального ремонта уже невозможно восстановить ее прочность, а также при не достаточной несущей способности грунтов оснований и недопустимых деформациях опор (осадках, сдвигах, кренах).

Тело опор обычно усиливают железобетонными оболочками, разгружающими кладку от внешних сил. Конструкция такой оболочки приведена на рис. 5.8. Оболочка толщиной 40 см армирована вертикальной арматурой $\varnothing 14$ мм и горизонтальной 10 мм. Длинные стороны оболочки связанные сквозными стяжками. По коротким сторонам связь с кладкой опоры обеспечена анкерами, заделанными на глубину 80 см. Отверстия для стяжек и анкеров после установки арматуры заполнены цементным раствором под давлением. Оголовок опоры выполнен в виде мощной железобетонной плиты, передающей давление с пролетных строений на оболочку.

Фундаменты мелкого заложения на устойчивых грунтах могут быть усилены путем их уширения (рис. 5.8, г). Чтобы не нарушить грунт под подошвой существующего фундамента, подошву уширенной части располагают выше на 1,5 – 1 м. Для обжатия грунта и включения в общую работу новой части фундамента между консолями и плитой устанавливают домкраты. После обжатия грунта пространство между плитой и консолями заполняют бетоном.

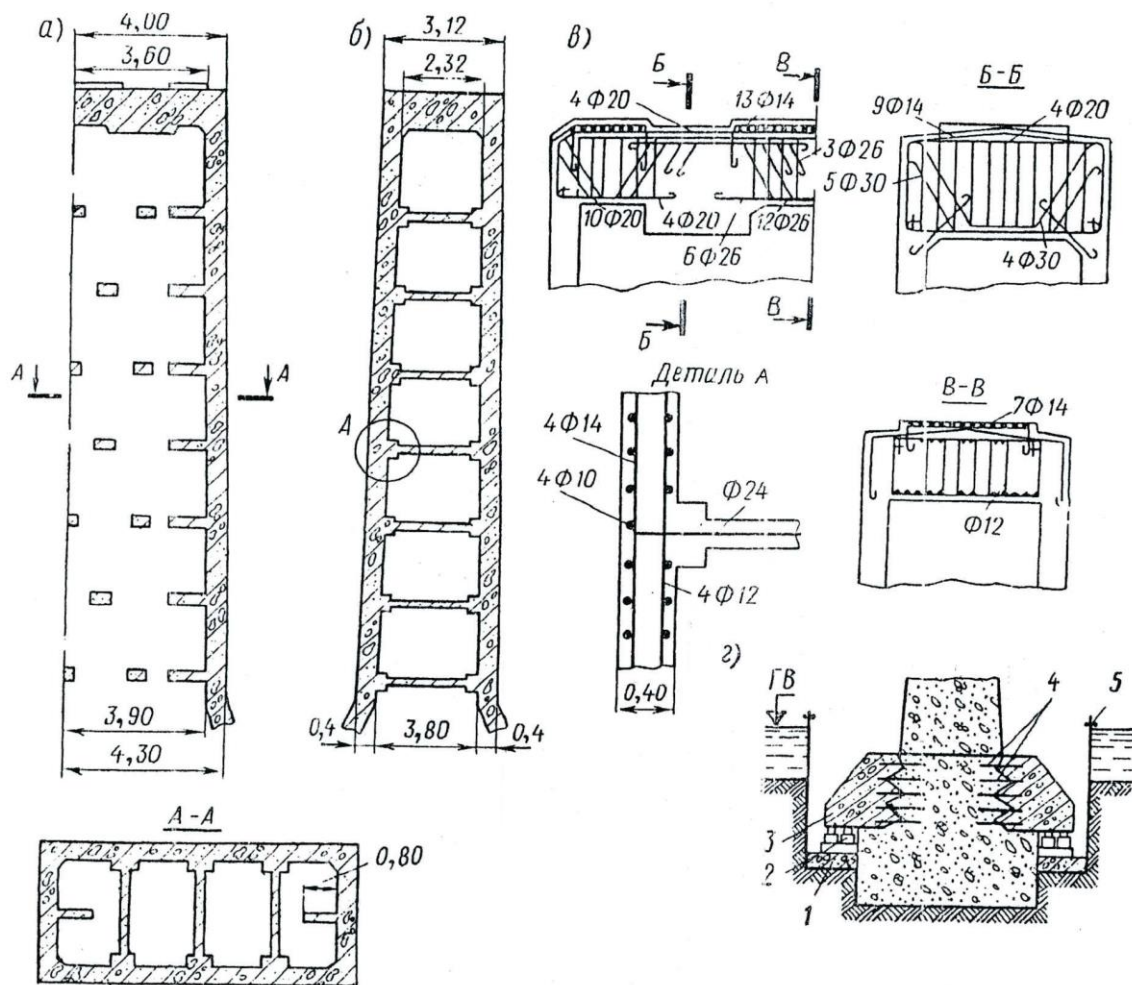


Рисунок 5.8 – Конструкция усиления тела и фундамента опор
 а – продольный разрез оболочки тела опоры; б – то же, поперечный разрез;
 в – армирование оголовка; г – уширение фундамента опоры
 1 – железобетонная плита; 2 – гидравлические домкраты; 3 – железобетонные консоли;
 4 – анкеры; 5 – шпунтовое ограждение

Усиление свайного фундамента (рис. 5.9, а) может быть осуществлено за счет дополнительных свай. Давление на сваи передается через мощные бетонные контрфорсы, соединенные с кладкой опоры штрабами, а в нижней части объединенные железобетонным поясом. Стыки инъецируют цементным раствором.

Сваями могут быть также усилены фундаменты на опускных колодцах и кессонах (рис. 5.9, б). Применяются буровые или набивные сваи, т.к. погружение забивных свай может еще более ухудшить состояние усиливаемой опоры.

Для уменьшения горизонтального давления на устой грунт насыпи можно заменить крупнозернистыми песками с большим значением угла внутреннего трения, а в устоях с обратными стенками сухой кладкой из бутового камня (рис. 5.10, а). В мостах с небольшими отверстиями между фундаментами устоев можно уложить распорные переемычки из плит (рис. 5.10, б) или обратных сводов, препятствующих сдвигу опор. Для повышения устойчивости устоев на сдвиг устраивают контрфорсы

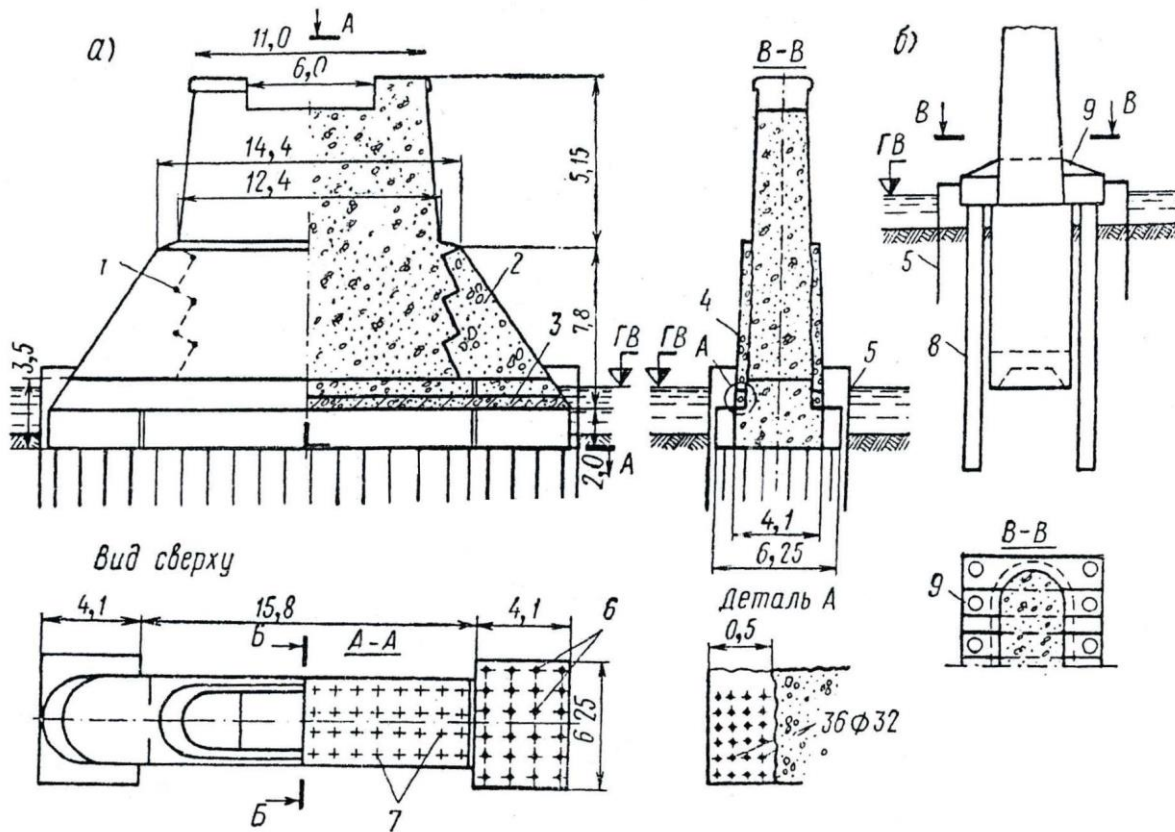


Рисунок 5.9 – Усиление фундаментов

- 1 – инъекционные трубки; 2 – бетонный контрфорс; 3 – железобетонный пояс;
 4 – оболочка; 5 – шпунтовое ограждение; 6 – новые сваи диаметром 60 см;
 7 – существующие сваи 30×30 см; 8 – буровые сваи; 9 – железобетонные балки

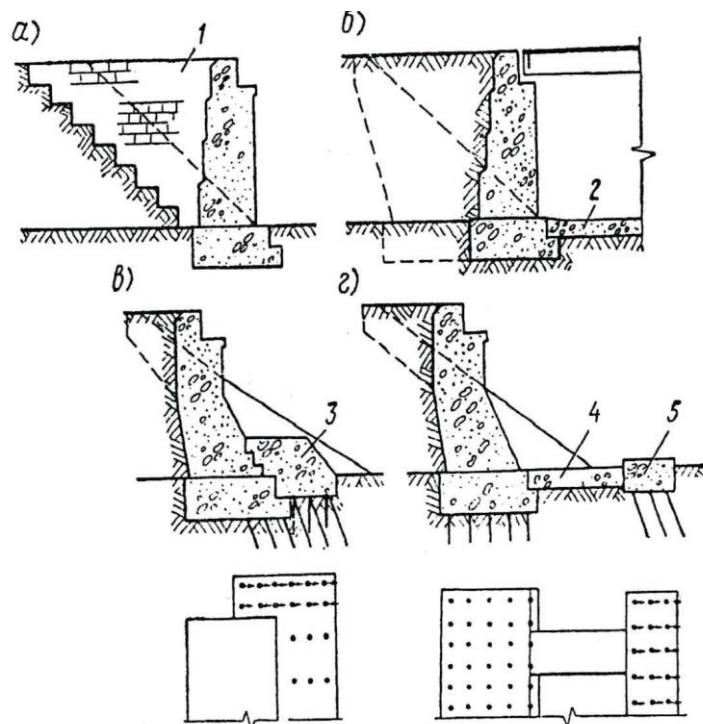


Рисунок 5.10 – Схемы усиления устоев

- 1 – сухая кладка; 2 – распорная плита; 3 – контрфорс; 4 – железобетонная распорка;
 5 – массивный упор

(рис. 5.10, в) и распорные крепления (рис. 5.10, г). При неустойчивых рыхлых грунтах эти конструкции располагают на сваях, большее число которых погружают наклонно. Разгружающие конструкции в общую работу с устоями включают домкратами. Аналогично усиливают устой арочных мостов при сдвиге их в сторону берега (насыпи).

Если деформации устоя обусловлены локальными оползневыми явлениями, то наиболее радикальная мера усиления – переустройство моста с добавлением пролетов, перекрывающих неустойчивый участок берегового склона.

В ряде случаев грунты под опорами могут быть улучшены химическим укреплением.

Наиболее сложным является ремонт и усиление гибких опор. На рис. 5.11 показана опора усиливаемая путем наклеивания металлических конструкций.

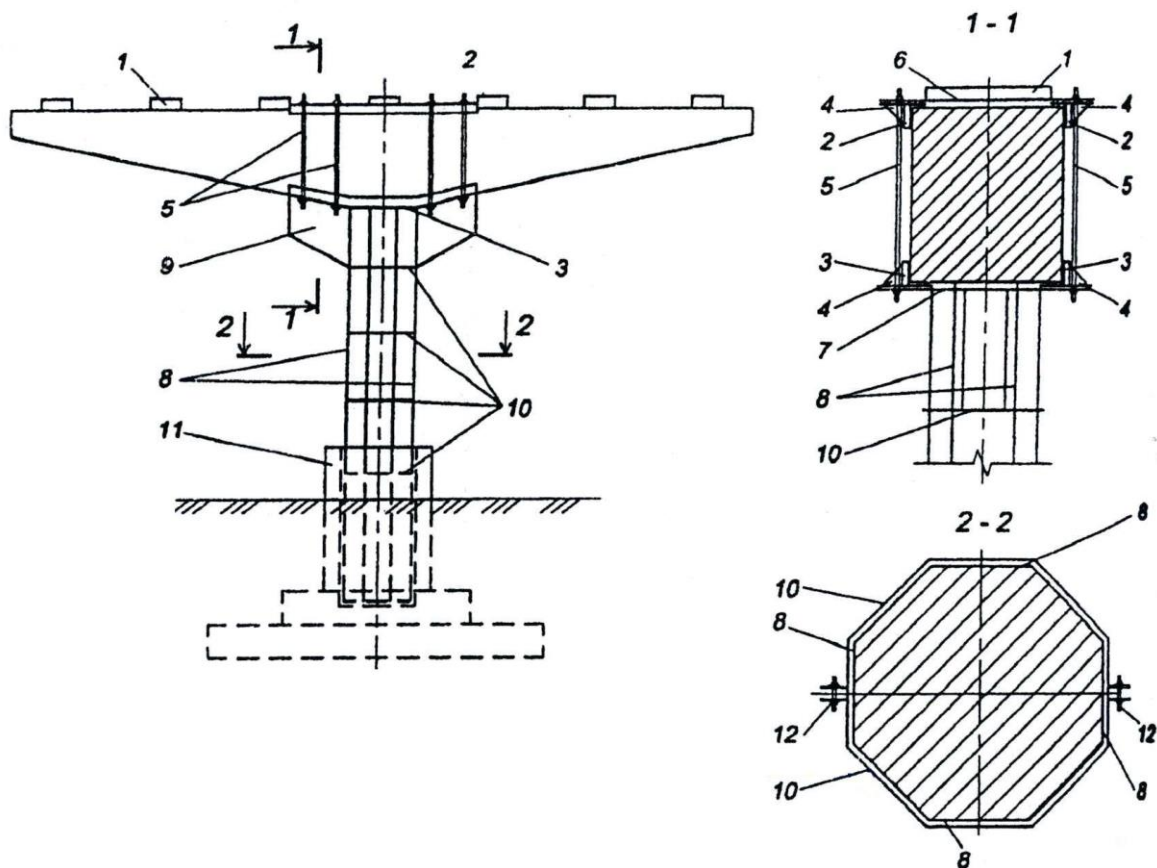


Рисунок 5.11 – Усиление Т-образной опоры

1 – существующий подферменник; 2, 3 – верхняя и нижняя арматура из уголков;
 4 – упоры из уголков с ребрами жесткости для установки тяжей; 5 – тяжи для обжатия верхней и нижней арматуры; 6,7 – накладные пластины для объединения верхней и нижней арматуры; 8 – вертикальные пластины усиления опоры; 9 – ребро жесткости;
 10 – хомуты для обжатия вертикальных листов усиления опоры; 11 – заглубление вертикальных листов (поз. 8); 12 – стяжные болты хомутов (поз. 10)

5.3 Усиление металлических пролетных строений

Усиление пролетных строений классифицируется по двум способам:

1. Общее усиление.
2. Частичное или местное усиление.

Проектом усиления должно быть особенно тщательно разработана конструкция соединения новых и старых элементов. Не рекомендуется использовать комбинированное соединение разной жесткости (заклепочное и сварное).

Общее усиление – в результате, которого изменяется статическая схема работы пролетного строения. Проектом усиления может быть предусмотрено:

- установление дополнительных опор в пролете и преобразование разрезной конструкции в неразрезную (рис. 5.12, а);
- преобразование разрезной системы в неразрезную за счет объединения на опорах (рис. 5.12, б);
- создание шпренгельных систем (рис. 5.12, в).

Общее усиление требует частичного усиления элементов, в основном в зоне установления опор, а также замены опорных частей при переводе из разрезной в неразрезную систему.

Если подмостовое пространство недостаточно, то шпренгели располагают в пределах высоты ферм (рис. 5.13). В этом случае весьма выгодно применять гибкие шпренгели в виде кабелей из пучков тонкой высокопрочной проволоки или из тросов заводского изготовления. Такая конструкция особенно целесообразна при усилении сплошных балок железобетонной плитой, когда одновременно с усилением сжатых поясов требуется значительно усилить и растянутый пояс. Особенность гибких шпренгелей – искусственное натяжение их, подобно тому, как делается в железобетонных мостах.

В местах перегиба кабели удерживаются ребрами жесткости. Концы кабелей закрепляются вблизи опорных сечений или за их торцами при помощи упорных столиков или обетонированием опорной части балки и закрепления также как и в железобетонных мостах (рис. 5.12, г). Гибкие кабели применяются и для усиления неразрезных балок (рис. 5.12, д).

Частичное усиление элементов ферм – это увеличение поперечного сечения дополнительным металлом.

Основные требования для усиления:

- дополнительный металл размещается так, чтобы не возникли большие эксцентриситеты в узлах;
- крепление нового металла осуществляется на болтах;
- металл, закрепленный в узлах можно учитывать для повышения прочности, в остальных случаях – только в увеличении устойчивости;
- разгрузка элемента в процессе выполнения работ повышает эффект усиления.

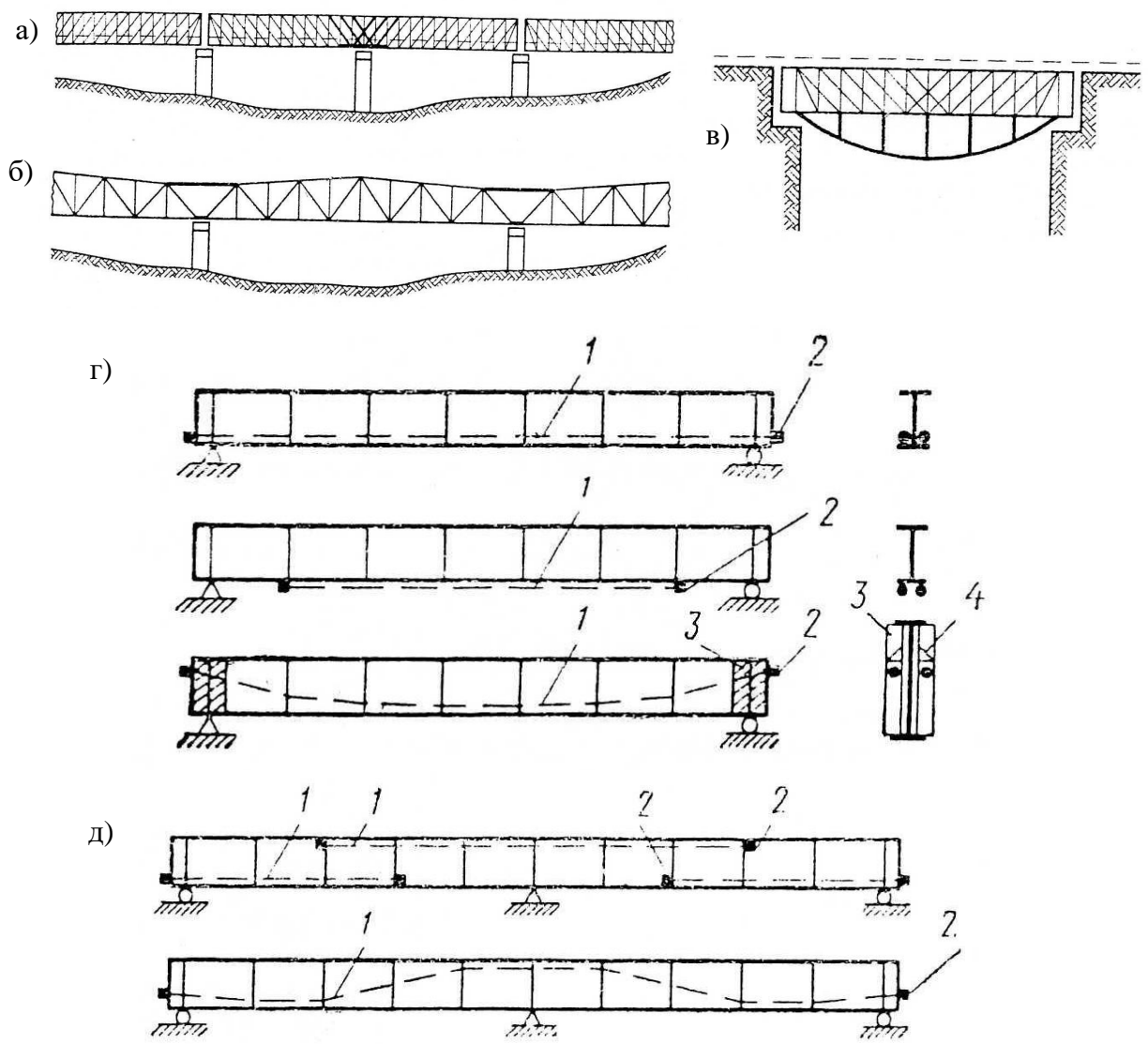


Рисунок 5.12 – Общее усиление пролетных строений
 1 – кабель; 2 – анкер; 3 – железобетон; 4 - упор

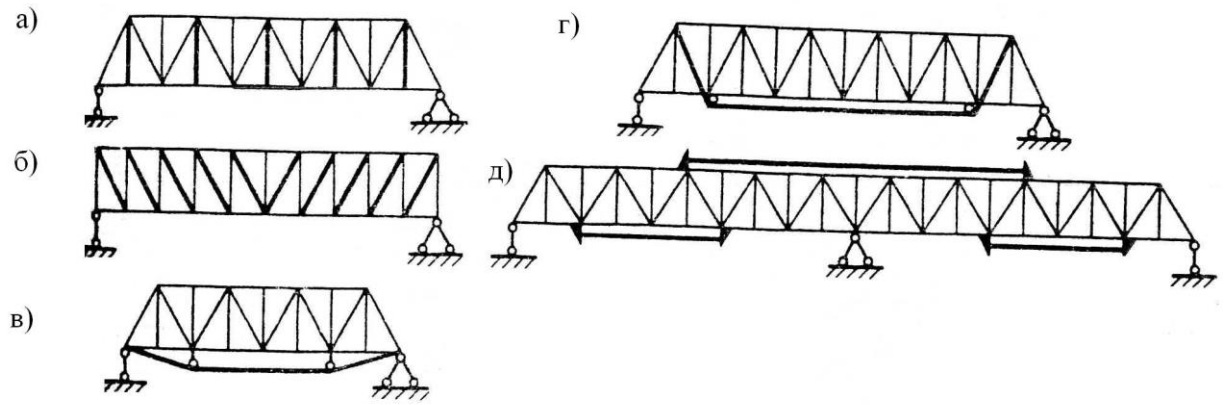


Рисунок 5.13 – Схемы усиления главных ферм предварительно-напряженными
 затяжками
 а, б – при поэлементном предварительном напряжении; в,г – с изменением статической схемы;
 д – неразрезной фермы

Наиболее распространенный способ усиления стержней сквозных ферм это увеличение их поперечного сечения дополнительным металлом (рис. 5.14).

В стержнях слабо нагруженных постоянными нагрузками, новый металл можно прикреплять без разгрузки элемента и расклейки узла. Прикрепление к узловой фасонке листов усиления раскоса парными полосовыми накладками, осуществляется последовательно, чем исключается полное отсоединение раскоса от узла фермы (рис. 5.15, а). Часто металл усиления удается прикрепить уголковыми коротышами, одну полку которых прикрепляют к фасонке, а другую к элементу усиления (рис. 5.15, б). Такая конструкция позволяет обойтись без расклейки соединения.

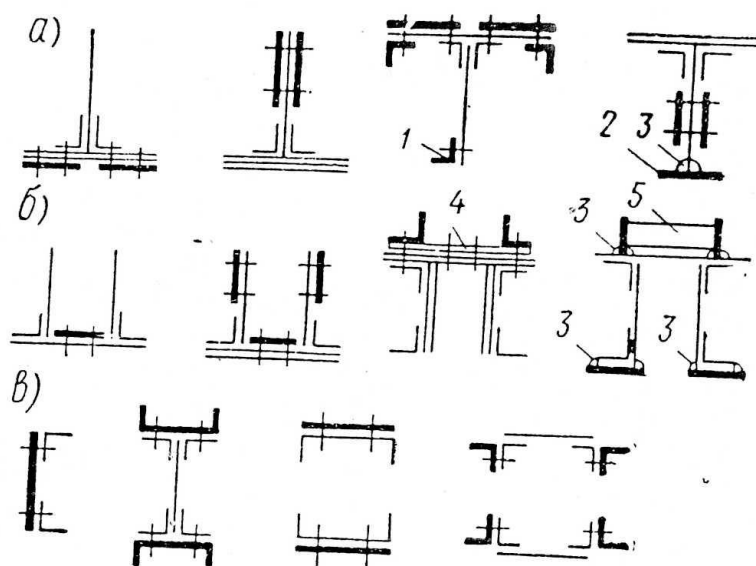


Рисунок 5.14 – Схемы усиления стержней ферм металлом
 а – одностенчатых поясов; б – двухстенчатых поясов; в – элементов решетки
 1 – уголок жесткости; 2 – ребра жесткости; 3 – электрошвы; 4 – планка; 5 – диафрагма
 (жирными линиями показан металл усиления)

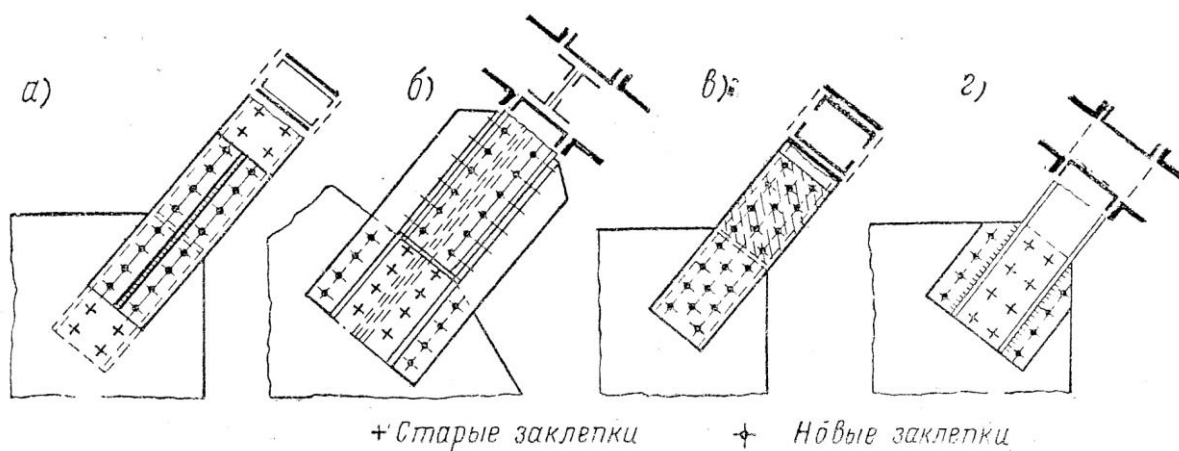


Рисунок 5.15 – Усиление узлов прикреплений

Прикрепления можно усилить заменой старых заклепок заклепками большего диаметра или заменой односрезных двухсрезными (рис. 5.15, в), а также приваркой к стержню дополнительных уширений, прикрепляемых к фасонке (рис. 5.15, г).

Работы по усилению могут быть упрощены, если усиливаемый элемент разгрузить от действующих на него усилий. Если нужно переклепать большое число узлов, то под пролетными строениями проводят сплошные подмости и домкратами, расположенными в узлах, разгружают фермы от постоянной нагрузки. Для смены отдельных стержней, фермы поддомкрачивают с временных опор или ставят натяжные приспособления, воспринимающие на себя силы, действующие в усиливаемом элементе.

При небольших силах в качестве натяжных приспособлений для растянутых стержней могут быть использованы тали, полиспасты, тужи.

Частичное усиление балок может быть выполнено в двух вариантах:

1. Дополнительным металлом, как и для элементов ферм;
2. Железобетоном.

Усиление железобетоном может быть выполнено для металлических балок за счет укладки железобетонной плиты с объединением с балками (преобразование металлической конструкции в сталежелезобетонную).

Лекция 6. РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВ

6.1. Физический и моральный износ мостовых конструкций.

За последние годы проблема реконструкции получила наибольшую значимость, особенно для мостов путепроводов расположенных на магистральных дорогах. Большинство сооружений построенных в 50 – 60 годы, не отвечают современным нормам проектирования и существующим реальным нагрузкам от автомобильного транспорта.

Главная задача реконструкции – дать сооружению новый срок службы с учетом комфортных условий движения современного транспорта. Идеальным вариантом реконструкции является доведение всех без исключения его параметров до условий современных норм.

Реконструкция включает уширение моста с усилением и без него. Все зависит от конкретных задач реконструкции и экономических факторов.

Под реконструкцией понимают повышение качества сооружения (изменение геометрических параметров и несущей способности). Причиной реконструкции чаще всего является моральный износ конструкции. Физический износ – снижение со временем грузоподъемности, долговечности и надежности в результате влияния внешних факторов. Устраняется во время ремонта путем восстановления дефектных элементов или заменой их новыми.

Конструкция считается морально изношенной, если перестает отвечать требованиям к несущей и пропускной способности. Моральный износ, как правило, наступает раньше физического, обычно через 15 – 20 лет. Это обусловлено возрастанием веса, интенсивности и габаритных размеров автомобильных нагрузок, а также внесением соответствующих изменений в нормативные документы.

Виды моральных износов:

Первый – связан с увеличением веса подвижных нагрузок, компенсируется запасом прочности в конструкции. Запасы несущей способности обусловлены использованием в прошлом упрощенных схем расчета и методов проверки сечения методом допустимых напряжений. Если рассчитать конструкцию по принятой методике граничных состояний с использованием пространственных расчетов по современной математической модели, то в большинстве случаев будем иметь достаточную несущую способность пролетных строений на современные нагрузки.

Второй – связан с возрастанием интенсивности и изменением габаритных размеров движущегося транспорта.

6.2. Принципиальные схемы уширения железобетонных пролетных строений.

Учитывая большое количество типов существующих конструкций, их состояние, местонахождение, невозможно полностью типизировать инженерные

решения уширения мостов. Для каждого конкретного случая должен быть разработан индивидуальный вариант.

Основные положения при разработке проекта уширения моста:

1. Проект уширения должен быть комплексным, его целью является не только уширение габарита проезда, а и повышение долговечности и грузоподъемности сооружения;
2. Необходимо сохранить соосность дороги и моста после уширения;
3. Следует отдавать предпочтение симметричному варианту уширения, при этом распределение временных нагрузок более равномерное;
4. Независимо от схемы уширения необходимо объединение старой и новой конструкции в единую систему, учитывая при этом особенности их совместных деформаций, в том числе и температурных;
5. Используя существующие опоры и фундаменты без уширения, необходимо придерживаться рекомендаций по их реконструкции;
6. При выборе варианта уширения руководствоваться не только экономическими показателями. Следует уделить внимание остаточному ресурсу существующего сооружения. Если срок составляет 10 -15 лет, то в принятом варианте можно пренебречь некоторыми основными положениями;
7. Срок службы новых элементов должен быть соизмерим с остаточным ресурсом сооружения. Не стоит использовать ребристую сборную накладную плиту для монолитных массивных пролетных строений с остаточным ресурсом 15÷20 лет.

Основные схемы уширения (рис. 6.1.):

1. Уширение за счет замены тротуарных блоков (уширение до 2 м).
2. Уширение накладной плитой (без уширения опоры):
 - сплошной монолитной плитой;
 - ребристо-сборной или сборно-монолитной плитой.
3. Уширение дополнительными элементами с уширением тела опоры.
4. Уширение дополнительными приставными элементами с уширением тела опоры и фундамента.

Сегодня в Украине наиболее распространена четвертая схема. Для уширения используются сборные двухпустотные плиты длиной 6 – 18 м, реже бездиафрагменные балки. Преимущество этого способа – возможность выполнения работ без закрытия движения, возможность симметричного и одностороннего уширения. Недостатки этого метода – необходимость достройки опор и фундаментов и сложность устройства стыка новых и старых конструкций.

Сложность устройства стыков различных типов конструкций и подбор соответствующих конструкций для уширения делает этот способ не сильно надежным, поэтому он используется в случаях, когда срок службы сооружения планируется не больше, чем 20 – 30 лет.

В случае планирования срока службы сооружения 50 – 60 лет эта схема может использоваться из таких условий:

- уширение проводить специально запроектированными и изготовленными элементами;
- элементы уширения должны быть предварительно напряженными и иметь жесткость в 1,5 раза больше, чем существующие элементы.

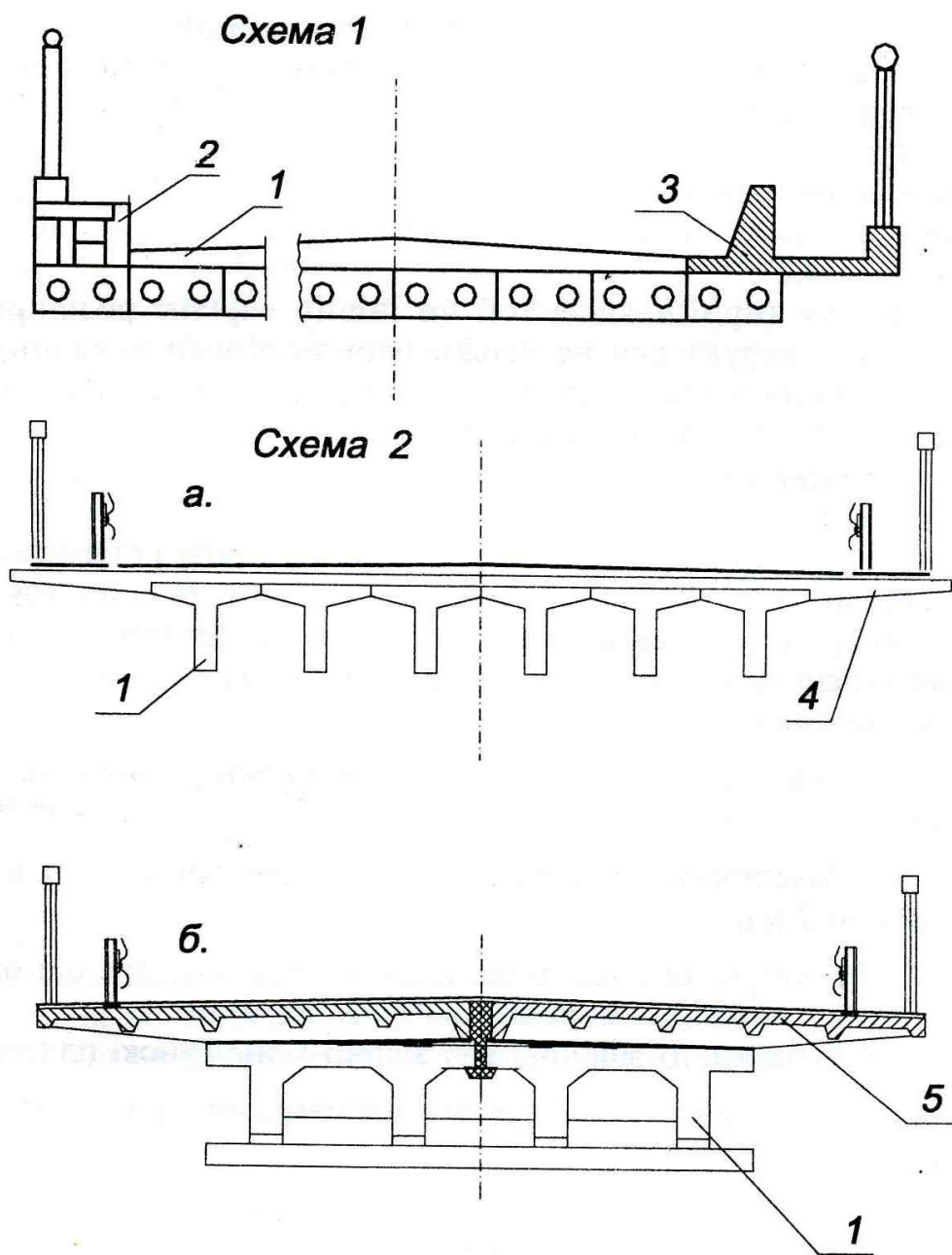


Рисунок 6.1 – Схемы расширения железобетонных мостов
 1 – существующая конструкция; 2 – существующий тротуар; 3 – новый тротуар;
 4 – монолитная накладная плита; 5 – сборная накладная плита

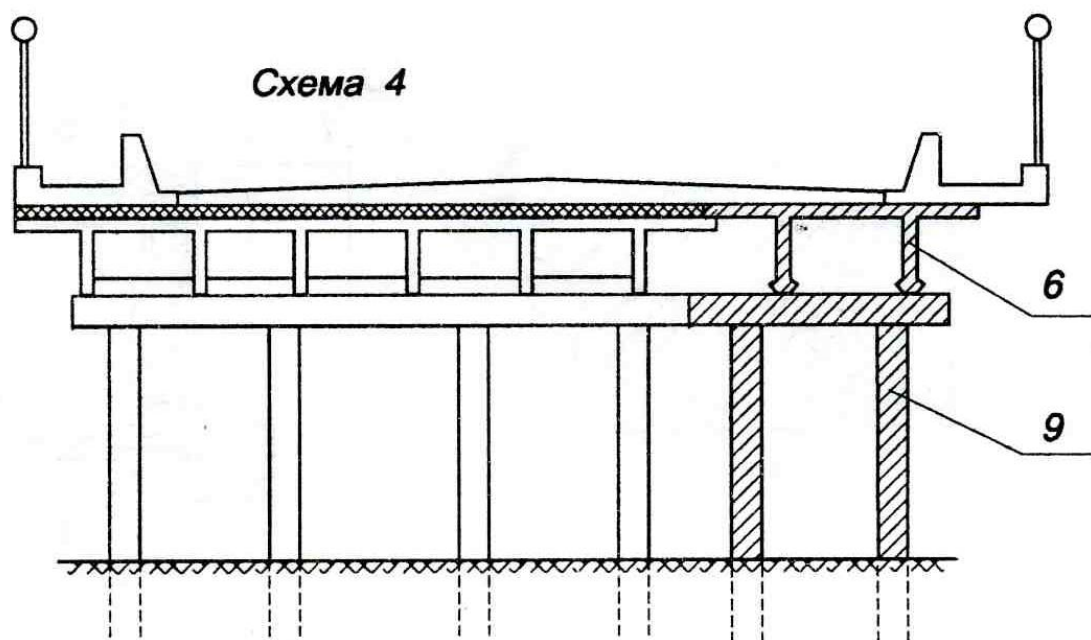
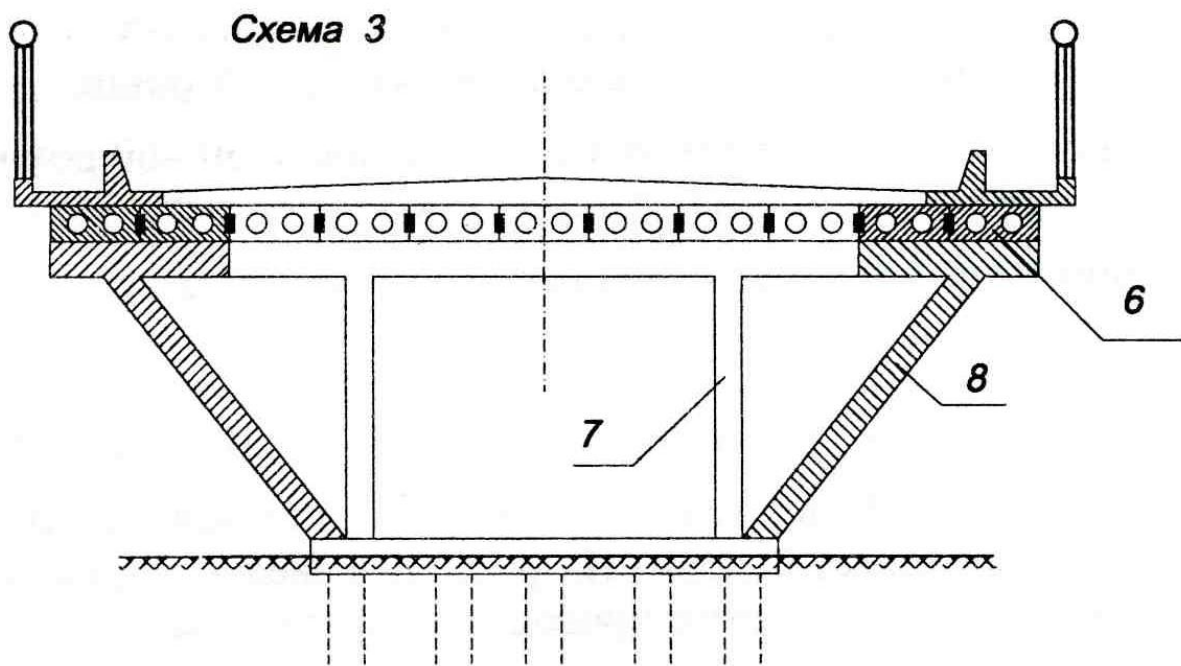


Рисунок 6.1 (продолжение) – Схемы расширения железобетонных мостов
 6 – приставные элементы; 7 – существующая опора; 8 – дополнительная опора;
 9 – построенный фундамент

Существует большое количество разработок конструкций стыков старых и новых элементов пролетных строений. На рис. 6.2 приведены примеры стыков для старых ребристых пролетных строений с новыми плитными балками.

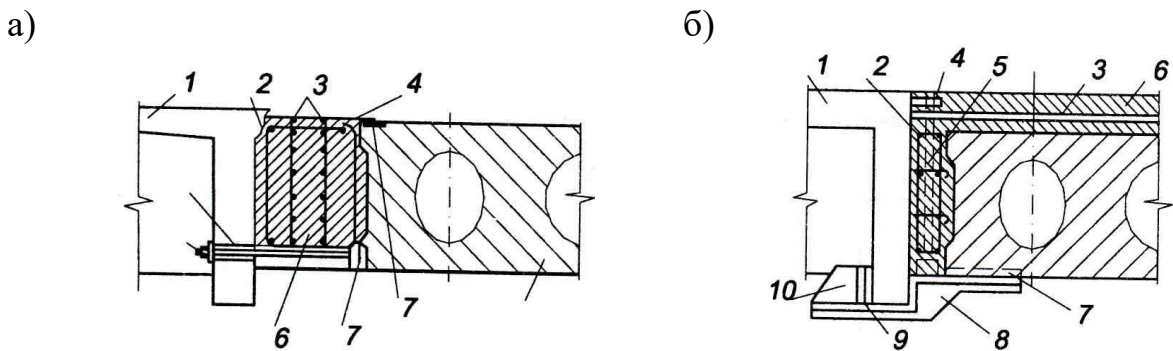


Рисунок 6.2 – Стыки плитных и ребристых балок пролетных строений
 а – соединение болтами; б – соединение захватами;

1 – существующая балка; 2 – удаленная консоль; 3 – арматурные сетки;
 4 – выпуски арматуры из плиты балок; 5 – арматурный каркас; 6 – монолитный бетон; 7 –
 закладные детали; 8 – скоба захвата; 9 – клей; 10 – упор.

В последние годы нашла распространение другая схема – уширение с помощью накладной плиты. Накладная плита может быть сборной (плоской или ребристой), монолитной и сборно-монолитной. Преимуществами этого способа является возможность не расширять опору и фундамент, недостатки – сложность объединения плиты с существующей конструкцией и необходимость закрытия (или регулирования) движения по мосту на время укладки накладной плиты. Объединение в любом случае необходимо, т.к. увеличение постоянной нагрузки на старую конструкцию за счет накладной плиты может быть воспринято только объединенной конструкцией (рис. 6.3).

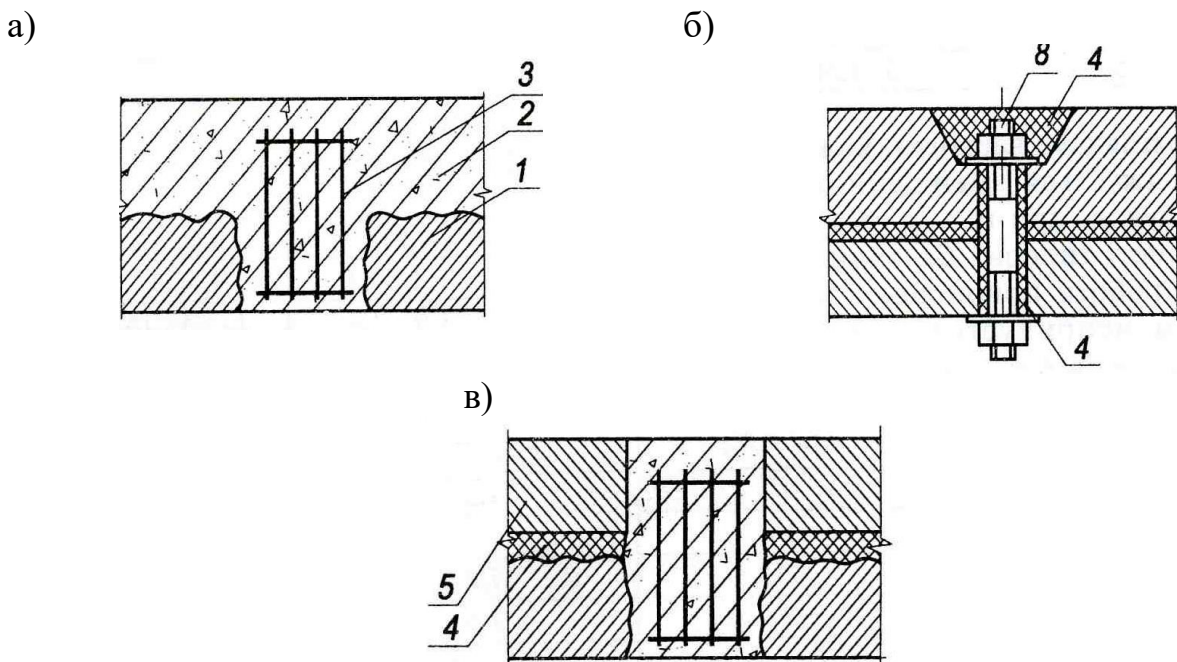


Рисунок 6.3 – Соединение накладной плиты с существующей конструкцией
 а – соединение с каркасами; б – соединение болтами; б – соединение шпонками

1 – плита существующей балки; 2 – бетон узла объединения; 3 – арматурный каркас
 объединения; 4 – слой цементного раствора; 5 – сборная накладная плита;
 6 – высокопрочный болт.

Совместная работа монолитной накладной плиты с небольшими консолями может обеспечиваться и за счет сцепления старого бетона с новым.

Для объединения накладной плиты с балками используют:

1. Шпоночное соединение с гибкой и жесткой арматурой;
2. болтовое соединение;
3. жесткие упоры и гибкие анкеры, которые привариваются к оголенной верхней арматуре существующих балок;
4. склеивание полимерными материалами.

Выбор варианта осуществляется с учетом всех недостатков и преимуществ каждого из них и соответственно из состояния существующей конструкции.

Как недоскональные следует рассматривать варианты, когда расширение проезжей части сопровождается уменьшением существующей несущей способности пролетных строений, при этом следует учитывать, что несущая способность большинства типовых балочных пролетных строений определяется условиями работы приопорных зон на главные и касательные напряжения. Совсем недопустимы варианты, когда несущая способность опор и фундаментов в случае реконструкции стает меньше несущей способности пролетных строений.

Каждый вариант уширения должен быть детально рассчитан с учетом дефектов существующего сооружения. Расчеты выполняются отдельно для пролетных строений, опор и фундаментов с использованием нормативной документации.

Общая схема расчета пролетного строения принципиально такая же, как и нового. Есть некоторые отличия, обусловленные типом конструкции уширения и тем, что в составе поперечного сечения пролетного строения совместно работают старые элементы, имеющие дефекты и новые.

Состав расчета для проекта уширения накладной плитой:

1. выполняются пространственные расчеты пролетных строений по современным методам расчета, которые обеспечивают учет действительных механических характеристик старых и новых элементов поперечного сечения;
2. по полученным значениям внутренних усилий проверяют прочность и трещиностойкость объединенных элементов поперечного сечения с учетом стадийности работы;
3. выполняется расчет элементов объединения накладной плиты с существующими блоками на сдвигающие усилия.
4. выполняется расчет консоли накладной плиты на прочность и трещиностойкость.
5. выполняется расчет накладной плиты на отрыв от старой конструкции в случае загрузки временной нагрузкой только консольной части плиты.

Если в результате расчета выясняется возможность отрыва плиты (коэффициент надежности должен быть не меньше 2) – выполняется расчет анкерных креплений плиты к старому пролетному строению. Анкеры крепления должны быть предусмотрены конструктивно даже в том случае, если по расчету в них нет необходимости.

В проекте уширения с помощью новых приставных элементов:

1. выполняется пространственный расчет по современной модели.

2. выполняется расчет по и группе предельных состояний новых и старых элементов поперечного сечения.

Если расчетом определяется недостаточная несущая способность старых элементов, предусматривается их усиление.

6.3. Уширение опор и фундаментов

В проекте реконструкции опор в первую очередь рассматриваются варианты уширения не требующие реконструкции самого фундамента. Возможность такой перестройки существует через запас несущей способности фундаментов, созданных вследствие укрепления грунтов в период эксплуатации. Есть также определенные теоретические запасы несущей способности, получаемые нормами проектирования за счет использования упрощенных моделей напряженного состояния грунтов.

Существуют различные варианты возможного уширения тела промежуточных опор с использованием существующего фундамента (рис. 6.4.).

Вариант	а)	б)	в)
Высота опоры	Без ограничений	3,0	4,5
С, м	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$

Рисунок 6.4 – Схема расширения тела промежуточных опор
 а – расширение только ригеля; б – расширение ригеля и тела опоры;
 в – расширение ригеля и установка подкоса

В случае невозможности использования фундаментов опоры уширяются по схеме на рис. 6.5. Уширение может быть одно или двухсторонним. Для предотвращения чрезмерных осадок достроенной части опоры, новый фундамент должен быть на сваях (буровых), длиной на 30 % больше, чем в старой части, а тело опоры присоединено штрабами к старой опоре.

Устои уширяются независимо от вида фундамента с помощью новых буровых свай с развитием ригеля и достройки Г-образных в плане пристроек откосных крыльев.

Конструкция уширения устоя, показанная на рис. 6.6, исключает нарушение плотности насыпи за шкафной стенкой.

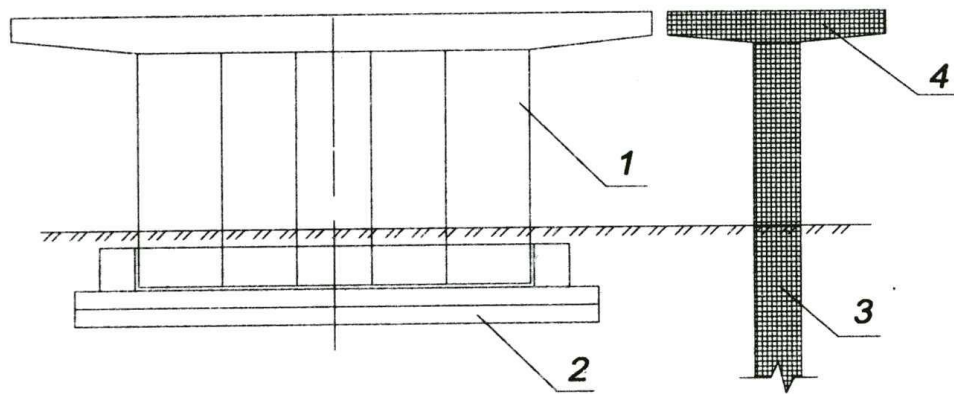


Рисунок 6.5 – Расширение опоры и фундамента

1 – существующая опора; 2 – фундамент; 3 – новое тело опоры; 4 – новый ригель

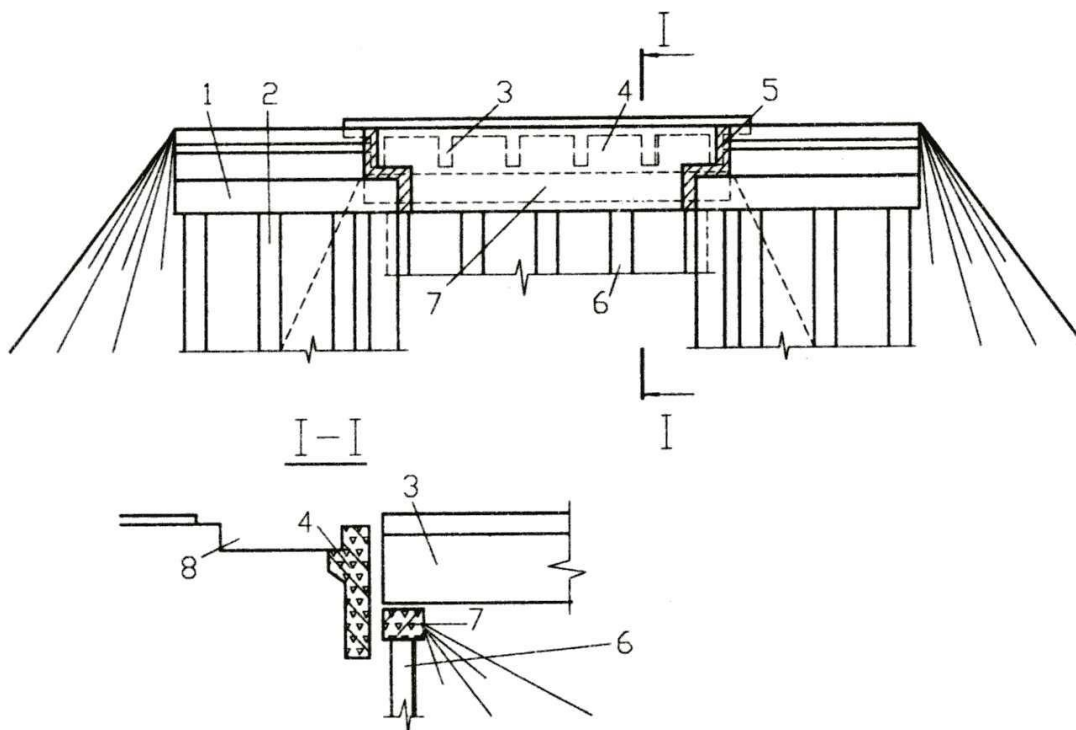


Рисунок 6.6 – Расширение устоя

1 – новый ригель со шкафной стенкой; 2 – дополнительные сваи; 3 – существующие балки; 4 – новая плита-стенка; 5 – монолитный бетон; 6 – существующая свая; 7 – существующий ригель; 8 – место для переходных плит

6.4. Уширение металлических пролетных строений.

Достоинства уширения металлических пролетных строений:

1. Относительная легкость объединения старой и новой конструкции в сравнении с железобетоном;
2. Возможность создания новой конструкции аналогично старой.

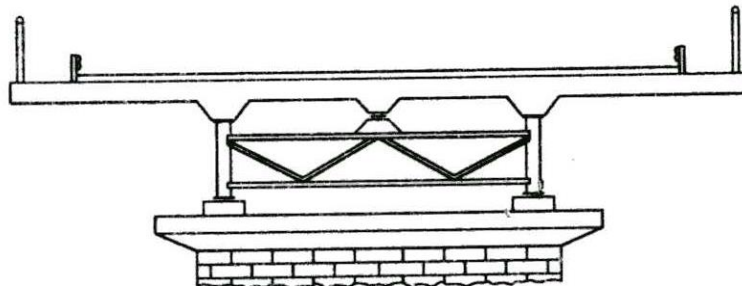
Пролетные строения из прокатных балок.

Металлические мосты из прокатных балок уширяются установкой дополнительных прокатных балок такого же или большего номера. Существующая проезжая часть разбирается, сверху укладывается железобетонная плита, объединяющая старые и новые элементы (пролетное строение становится сталежелезобетонным).

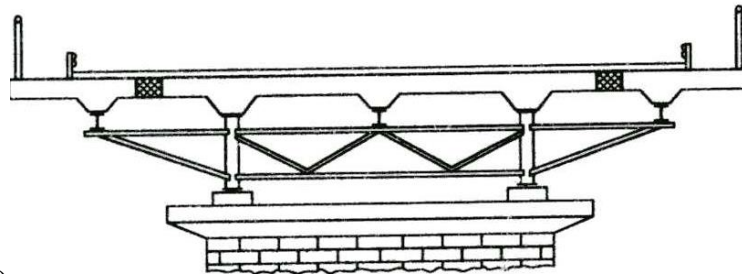
Сталежелезобетонные пролетные строения.

Сталежелезобетонные пролетные строения уширяются по одной из схем, приведенных на рис. 6.7.

а)



б)



в)

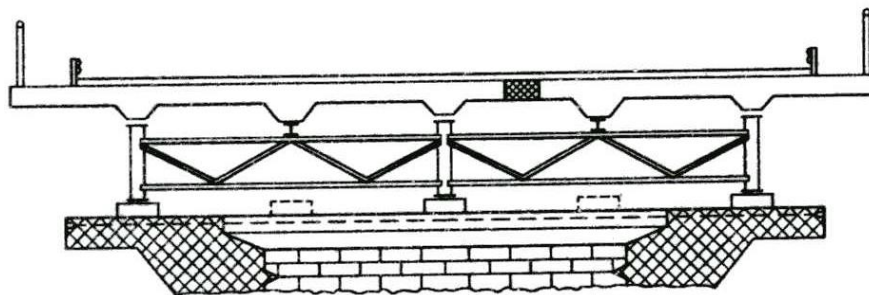


Рисунок 6.7 – Схемы расширения металлических пролетных строений

Схема 1 (рис. 6.7, а). Пролетные строения уширяются за счет новой железобетонной плиты, укладываемая на существующие балки и имеющая большую консоль, чем старая.

Схема 2 (рис. 6.7, б). Уширение осуществляется, за счет создания наклонных металлических элементов, прикрепляемых к существующим балкам, а также дополнительным блоком железобетонной плиты.

Схема 3 (рис. 6.7, в). Связи между существующими балками разрезаются, балки расставляются на уширенную опору и устанавливаются новые связи. Железобетонная плита полностью заменяется.

Металлические фермы можно уширять по схеме № 3 с установлением новых поперечных и продольных связей.

6.5. Выбор варианта реконструкции

Основным критерием экономичности нового сооружения является стоимость, которая состоит из стоимости материалов, конструкций, зарплаты и др. Дополнительными критериями являются эксплуатационные, экологические и архитектурные условия.

Критерием экономичности реконструкции, кроме вышеперечисленного, являются затраты на реконструкцию и затраты связанные с полным или частичным закрытием моста.

Полное или частичное (одной полосы движения) закрытие моста в процессе выполнения ремонтно-строительных работ зависит от выбора варианта реконструкции.

Сметная стоимость реконструкции:

$$K_{\text{реконстр}_i} = K_{\text{к}_i} + K_{\text{тв}_i} + (\text{П}_{\text{а}_i} + \text{П}_{\text{в}_i} + \text{П}_{\text{ка}_i}) \cdot T_{\text{р}_i}$$

где $K_{\text{к}_i}$ - сметная стоимость работ по уширению;

$K_{\text{тв}_i}$ - затраты на строительство объездной дороги;

$\text{П}_{\text{а}_i}$ - среднесуточные затраты от увеличения себестоимости перевозок грузов и пассажиров в период реконструкции;

$\text{П}_{\text{в}_i}$ - среднесуточные затраты от увеличения времени пребывания пассажиров в дороге;

$\text{П}_{\text{ка}_i}$ - дополнительные капитальные вкладывания в автомобильный транспорт;

$T_{\text{р}_i}$ - продолжительность реконструкции по календарному графику строительства.

Затраты на строительство объездной дороги зависят от организации движения транспортных средств во время реконструкции. Возможны такие варианты:

1. пропуск всего потока без ограничения;
2. пропуск всего потока по одной полосе со снижением движения на 50 – 70%;
3. однополосное движение с переводом встречного движения на объезд по временному мосту;
4. полное закрытие движения на период реконструкции.

Особенное внимание при выборе варианта необходимо обращать на техническое состояние существующего моста и его остаточный ресурс. При остаточном ресурсе меньше чем 10 – 20 лет можно остановиться на упрощенном варианте, при ресурсе 30 – 40 лет – вариант реконструкции должен полностью отвечать всем требованиям ныне действующих нормативных документов.

Показатели эффективности уширения

Рациональный вариант реконструкции оценивается такими показателями:

- коэффициент экономической окупаемости E_{ϕ} :

$$E_{\phi} = \frac{\Delta E}{\Delta K} \geq E_n ;$$

- срок окупаемости T_{ϕ} :

$$T_{\phi} = \frac{\Delta I}{\Delta E} \geq T_n ;$$

где ΔE - снижение транспортно-эксплуатационных затрат вследствие реконструкции моста;

ΔK - капитальные вложения по сравниваемым вариантам с учетом снижения капитальных вложений в автотранспорт.

Уширение целесообразно по значениям $E_n = 0,12$ и $T_n = 8,3$ года.

Снижение транспортно-эксплуатационных затрат ΔE определяют:

$$\Delta E = \Delta E_a + \Delta E_n + \Delta E_{дтп}$$

где ΔE_a - снижение затрат на перевозку пассажиров и грузов за счет увеличения скорости движения;

ΔE_n – снижение времени пребывания в дороге пассажиров и грузов;

$\Delta E_{дтп}$ - снижение затрат от ДТП.

Значение ΔK равняется:

$$\Delta K = K_{рек} - K'_a$$

где $K_{рек}$ – стоимость реконструкции;

K'_a - снижение капитальных вложений на автомобильном транспорте в связи с увеличением скорости движения.

Параллельно с вариантом уширения может быть рассмотрен вариант полной замены моста. В этом случае необходимо руководствоваться ориентировочными показателями эффективности уширения, которые показывают эффективность и окупаемость реконструкции даже при расширении на 1 м. Вариант замены моста может рассматриваться только в случае аварийного состояния сооружения.