

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

**КУРС ЛЕКЦИЙ
И
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**МДК 02.03 Организация безопасной эксплуатации инженерных
сооружений**

Специальность: 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных
сооружений

Москва, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

№ лекции	Тема лекции	Стр.
	Введение	4
1	Строительные и организационно-производственные мероприятия по эксплуатации инженерных сооружений	5
2	Комплекс работ по технической эксплуатации инженерных сооружений	11
3	Правила содержания и ухода за инженерными сооружениями	16
4	Особенности эксплуатации искусственных инженерных сооружений в суровых климатических условиях. Состав производственно-технической документации при эксплуатации инженерных сооружений	24
5	Организация службы эксплуатации, назначение и состав работ по надзору, осмотру инженерных сооружений	30
6	Виды инструментальных наблюдений в процессе эксплуатации и особенности скрытых дефектов	38
7	Обследования инженерных сооружений. Основные повреждения	46
8	Испытания инженерных сооружений	72
9	Измерение напряжений и различных характеристик при испытаниях инженерных сооружений	83
10	Надежность и усталостная долговечность инженерных сооружений	104
11	Ремонт инженерных сооружений	111
12	Реконструкция и усиление инженерных сооружений	117
	Информационное обеспечение обучения	138

ВВЕДЕНИЕ

Мосты, водопропускные трубы и другие искусственные сооружения являются важнейшими дорогостоящими элементами дорог, срок эксплуатации которых достигает ста и более лет. От их состояния и надежности в значительной степени зависит безопасность движения и бесперебойность работы транспорта.

В процессе эксплуатации искусственных сооружений в них возникают различные повреждения (отказы); по мере роста обращающихся нагрузок отдельные элементы сооружений становятся не способными воспринимать возросшие нагрузки; иногда изменение условий эксплуатации железных и автомобильных дорог или судоходства вызывает необходимость их переустройства.

В связи с наличием в эксплуатации большого количества так называемых старых мостов в основном с металлическими пролетными строениями, изготовленными в конце 19 и начале 20 столетия, обеспечение их надежности становится одной из главных проблем.

Мосты должны иметь высокую эксплуатационную надежность. Оценка надежности и грузоподъемности мостов в комплексе работ по их содержанию имеет особое значение. С этой целью должны использоваться самые современные методы расчета, результаты экспериментальных исследований.

Для обеспечения беспрепятственного и безаварийного пропуска транспорта по мостам и путепроводам в современных условиях приоритетным направлением в общей структуре мостостроительных работ в ближайшие годы будет не только строительство новых, но и ремонт и содержание старых искусственных сооружений.

В этих условиях от специалистов дорожного хозяйства, занятых ремонтом и содержанием сооружений, особо требуется грамотное решение возникающих перед ними вопросов.

Лекция 1. Строительные и организационно-производственные мероприятия по эксплуатации инженерных сооружений

1. Определение, задачи и структура эксплуатации мостов

Эксплуатация мостов – совокупность организационных и технических мероприятий, обеспечивающих сохранность и работу в исправном состоянии в течение всего расчетного срока службы мостов, регуляционных сооружений и прилегающих непосредственно к ним территорий.

Календарная продолжительность срока службы назначается в проекте для данного сооружения или в нормативной литературе.

Основным нормативным документом регламентирующим правила организации службы эксплуатации является «Руководство по структуре и организации службы эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах» утвержденные в «РОСАВТОДОР» 25.11.93 г.

Эксплуатацией мостов на автомобильных дорогах (на федеральном уровне) занимается служба эксплуатации мостов, которой руководит начальник Управления строительства и эксплуатации автомобильных дорог в составе Федерального дорожного агентства (Росавтодор) при Министерстве транспорта РФ.

На муниципальном уровне эксплуатацией транспортных сооружений, включая мосты, занимается профильные структуры органов самоуправления.

В Москве эксплуатацией транспортных сооружений занимается Государственное бюджетное учреждение города Москвы по эксплуатации и ремонту инженерных сооружений «Гормост» (ГБУ Гормост), учредителем которого является Департамент жилищно - коммунального хозяйства и благоустройства города Москвы.

Управление строительства и эксплуатации автомобильных дорог Росавтодора включает:

Начальник управления.

Заместители начальника управления (4 зама).

1. Отдел организации ремонта и содержания автомобильных дорог.
2. Отдел организации и содержания искусственных дорожных сооружений.

3. Отдел обеспечения сохранности автомобильных дорог, безопасности и организации дорожного движения.

4. Отдел мониторинга транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог.

Основными задачами службы эксплуатации мостов являются:

1) Обеспечение круглогодичного, непрерывного, безопасного и комфортного движения транспортных средств с установленными расчетными для дороги скоростями и расчетными осевыми нагрузками, а также движения пешеходов.

2) Обеспечение технически исправного состояния сооружений и расчетного срока их службы при минимальных затратах труда и материально-технических ресурсов.

3) Систематическое улучшение транспортно-эксплуатационного состояния сооружений с учетом роста интенсивности движения и массы транспортных средств на автомобильных дорогах.

4) Поддержание в надлежащем состоянии внешнего вида сооружений.

Структура службы эксплуатации мостов

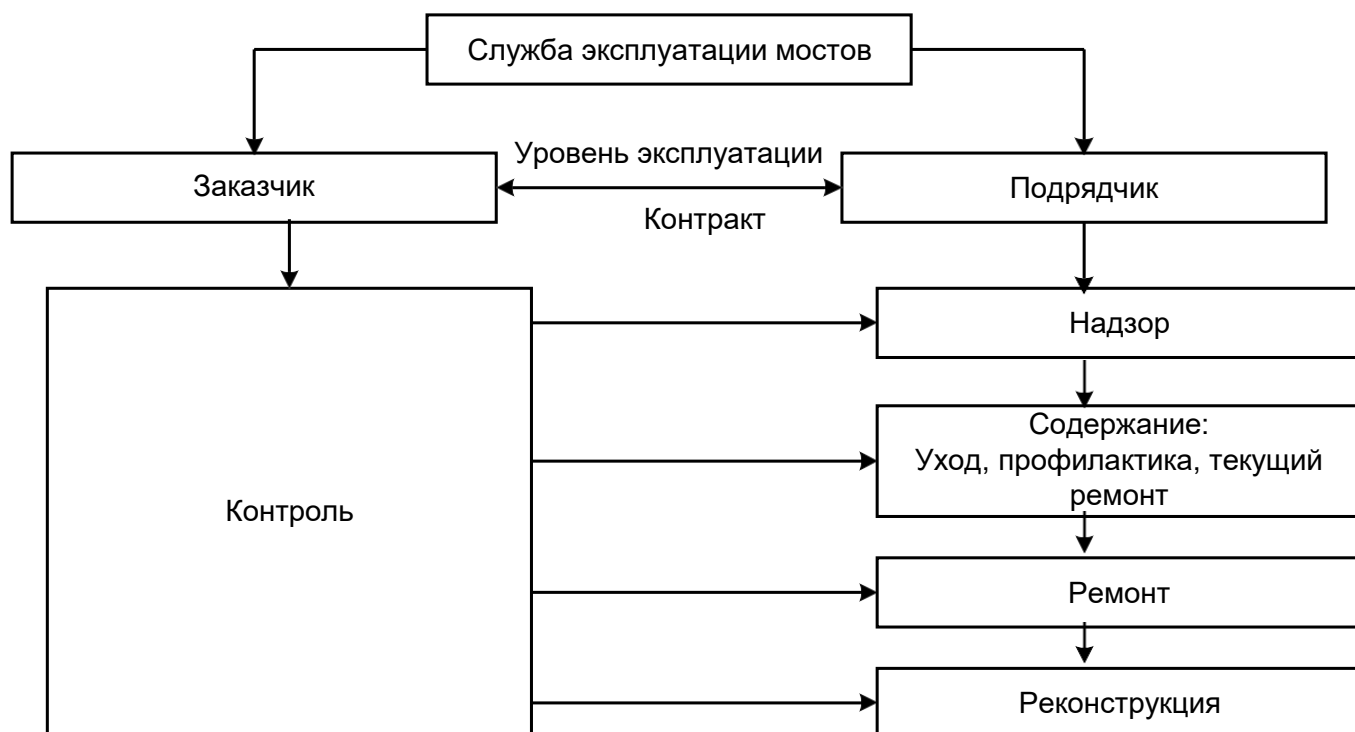


Рис.1. Структура службы эксплуатации мостов

«Заказчик» - орган исполнительной власти, в оперативном управлении

которого находятся дороги общего пользования, поручающий по Контракту проведение работ по эксплуатации мостов другому юридическому лицу. В качестве «Заказчика» выступает Росавтодор,

Региональные министерства (например – Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Хакасия) или автодоры (например – ОГУ «Управление автомобильных дорог Томской области»). ОГУ – областное государственное управление.

«Подрядчик» – юридическое лицо, непосредственно осуществляющее по Контракту эксплуатацию мостов и отвечающий за обеспечение требуемого уровня эксплуатации. В качестве «Подрядчика» – это производственное мостовое подразделение в составе производственной дорожной службы (например – ДРСУ) или в виде специализированных организаций, независимо от формы собственности, имеющих допуск СРО на право выполнения работ по эксплуатации (при необходимости, согласно приказу № 624 Мин. регион. развития РФ).

Максимальный срок действия контракта 5 лет и заключается только после проведения тендерных торгов «Заказчиком» в электронной форме.

Уровень эксплуатации мостов – комплекс показателей, отражающих определенное техническое состояние конструктивных элементов и общий вид сооружений. Требуемый уровень эксплуатации мостов устанавливается Заказчиком в контракте с Подрядчиком в соответствии с выделяемым объемом финансирования, отражающим комплекс необходимых работ по эксплуатации.

Руководством по эксплуатации мостов в штате Заказчика занимается мостовое подразделение (Отдел мостов). Количественный состав определяется следующим критерием: 2500 п.м. длины мостов на одного специалиста, но минимальное количество специалистов – 2 человека.

Мостовое подразделение в штате «Заказчика» выполняет следующие основные функции:

- 1) осуществляет контроль и анализ технического состояния

сооружений, закрепленных за Заказчиком, осуществляет сбор информации, осуществляет ведение автоматизированного банка данных о мостах: «Монстр – 1, 2» (МАДИ, г. Москва, с 1991 г), «АИС ИССО» (ЗАО «Сибнит», г. Новосибирск, с 1997 г) и «PassInfo» (ВГАСУ, г. Воронеж, с 1998 г);

2) организует и, при необходимости, проводит инвентаризацию этих сооружений (выезд на мосты кураторов);

3) организует пропуск и осуществляет контроль за пропуском негабаритных и тяжеловесных грузов (СНН);

4) обеспечивает хранение технической документации (архив);

5) разрабатывает производственную программу эксплуатации сооружений, определяет средства на их выполнение (объем финансирования защищает в Росавтодоре, г. Москва);

6) осуществляет выбор на тендерной основе подрядных организаций (проводит конкурсные торги: электронные аукционы и котировки);

7) осуществляет постоянный контроль за производственной деятельностью подрядчиков и контролирует сроки выполнения работ (назначаются кураторы);

8) участвует в рассмотрении и утверждении проектной документации на ремонт, реконструкцию мостов;

9) участвует в работе приемочных комиссий перед вводом в эксплуатацию мостов;

10) оказывает организационно-техническую помощь при выполнении аварийно-восстановительных работ.

«Подрядчик» или производственное мостовое подразделение в штате «Подрядчика» должен иметь в своем составе:

– управленческий аппарат (начальник, гл. инженер);

– группу механизации, т.е. строительные машины и механизмы, ремонтные мастерские;

– рабочие бригады и звенья численностью в зависимости от объемов работ.

Подрядчик выполняет следующие основные функции:

1) выполняет систематический надзор, а также работы по содержанию, ремонту и реконструкции за мостами и регуляционными

сооружениями;

2) организует безопасное движение по мостам, что включает:

2.1) нанесение соответствующей горизонтальной и вертикальной разметки на пролетных строениях и опорах;

2.2) осуществляет установку соответствующих дорожных знаков для организации движения по мостам:

– запрещающие знаки: ограничение общей массы, ограничение максимальной скорости движения, ограничение минимальной дистанции между автомобилями, а дополнительно для путепроводов – ограничение высоты подмостового габарита;

– знаки приоритета: преимущество встречного движения, преимущество перед встречным движением;

– предупреждающий знак: сужение дороги;

– информационно-указательные знаки: название реки.

2.3) проводит работы по обслуживанию навигационных знаков и другой судовой сигнализации на мостах.

3) на конусах насыпи следит за исправностью лестничных сходов с моста и водоотводных лотков. При больших подходах, имеющих несколько водоотводных лотков, «Подрядчик» содержит первый лоток от моста с каждой его стороны.

4) на подходах осуществляет обслуживание ограждений безопасности на длине по 18 м с обоих концов сооружения.

5) при наличии освещения на мосту (путепроводе) обслуживает все оборудование, обеспечивающее исправную его работу.

Для эффективной работы подрядчиков им следует выполнить следующие организационные мероприятия:

1) сформировать зону обслуживания рабочими бригадами и звеньями, исходя из целесообразности транспортировки машин, механизмов, строительных материалов, рабочих в пределах до 100 км от расположения базы.

2) осуществлять планирование работ с учетом планомерной загрузки подразделений в течение всего года.

3) построить складские помещения для неснижаемого запаса строительных материалов и инвентаря для ликвидации аварийных

ситуаций в зонах обслуживания мостов.

Для выполнения дорожных работ по обслуживанию ездового полотна на мостах и подходах «Заказчик» может заключать договора с дорожными подразделениями, в ведении которых находятся дороги.

Дорожные организации могут привлекаться для очистки проезжей части, очистки и уборки подходов и конусов, расчистки русла и пропуска ледохода и высоких вод.

2. Противопожарные мероприятия

В противопожарные обязанности эксплуатирующей организации входит:

1) Согласно требованиям п. 5.84 СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» при реконструкции мостовых сооружений должны быть запроектированы и выполнены мероприятия, направленные на обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности сооружения в соответствии с ГОСТ 30244-94 «Строительные материалы. Методы испытаний на горючесть», ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» и ГОСТ 30247.1-94

«Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

2) Содержать в полной исправности противопожарный инвентарь, который включает: ящики с песком, огнетушители, ведра, багры и т. д. Противопожарный инвентарь располагают в уровне проезжей части за перильным ограждением на специальных площадках.

3) Не допускать разведения огня на расстоянии не ближе 100 м от моста.

4) Не допускать прохода плавающих средств под мостами с разведенными на них кострами.

5) Следить за уборкой щепы и стружек при ремонтных работах на мостах.

6) Выкашивать сухую траву под элементами мостов.

7) Принимать меры к тушению пожара при его возникновении.

Лекция 2. Комплекс работ по технической эксплуатации инженерных сооружений

1. Эксплуатация мостового парка

Повышение надежности мостов — одна из основных задач эксплуатации дорожной сети, так как мосты являются наиболее ответственными и сложными элементами дорог. Фактически именно мосты определяют пропускную способность автомобильных дорог (нет моста — нет дороги). Вместе с тем мосты — капиталоемкие объекты строительства, реконструкции и ремонта, поэтому необходимо, чтобы экономический эффект их использования был наибольшим.

Недостаточно мосты построить. Чтобы обеспечить оптимальную долговечность мостов, необходимо проводить большой и сложный комплекс работ по их эксплуатации. Исторически сложилось так, что в отрасли эксплуатации мостов ощущается острый дефицит специалистов, которые являются не просто мостовиками, а именно специалистами по эксплуатации мостов, и содержание мостов до недавнего времени было особенно невыгодной работой.

Эксплуатация сооружений подразумевает использование их потребительских свойств. Однако применительно к дорогам и мостовым сооружениям на дорогах термин «эксплуатация сооружений» имеет и другое толкование: работы, выполняемые для поддержания потребительских свойств сооружений. Организации, осуществляющие эксплуатацию дорог и мостовых сооружений, только вкладывают деньги, а прибыль (уменьшение затрат на перевозки грузов и пассажиров) получают пользователи дорог. Это означает, что дороги и сооружения на них не дают фондоотдачи. Поэтому ведомства, на балансе которых находятся железнодорожные, автодорожные и городские мосты, трактуют эксплуатацию мостовых сооружений как проводимые на них работы.

Таким образом, **эксплуатация мостовых сооружений** (далее — мостов) — это совокупность организационных и технических мероприятий, обеспечивающих сохранность сооружений и их работу в течение расчетного срока службы.

Эксплуатация мостов включает в себя следующие основные элементы:

- постоянный надзор и уход;

- систему осмотров;
- технический учет;
- содержание;
- текущий ремонт (старый термин — планово-предупредительный ремонт);
- ремонт (в классификации других ведомств — капитальный ремонт);
- реконструкцию;
- замену (перестройку) мостов;
- планирование мостовых работ;
- проектирование ремонтных и строительных работ;
- систему контроля всех видов проводимых работ.

Такой перечень считается естественным и приводится в технической и нормативной литературе разных ведомств и стран. Однако имеются некоторые различия в трактовках структуры работ.

В технической литературе строительство и эксплуатацию мостов обычно рассматривают как самостоятельные, не связанные друг с другом разделы науки и техники. Естественно, и планирование этих работ до недавнего времени велось отдельно. Поскольку эти работы не связывались в единый комплекс, не прослеживалась также экономическая связь между ремонтом и содержанием мостов. В результате сложилась практика, когда каждый вид работ планируется отдельно и их стоимость затем механически складывается.

Такая практика в настоящее время является серьезным тормозом для внедрения системы эксплуатации мостов целиком. Многие руководители дорожных организаций, основываясь на традиционном подходе к планированию работ, не учитывают, что проведение ремонтных работ снизит объем строительных работ, а содержание мостов связано с объемами работ по строительству и ремонту мостов. При таком подходе на внедрение системы потребовалось бы непомерное дополнительное финансирование, которое обеспечить невозможно.

Чтобы показать ошибочность таких представлений, вводится термин «эксплуатация мостового парка», позволяющий увидеть, что все виды

мостовых работ в действительности составляют единую систему, в которой изменение объемов работ одного вида влечет за собой изменение объемов работ других видов. Механизм взаимосвязи таков: каждый вид работ влияет на состояние мостового парка и на суммарную стоимость мостовых работ. С учетом обоих факторов определяется необходимое и достаточное финансирование мостовых работ (суммарное) и оптимальная структура финансирования.

Термин «эксплуатация мостового парка» не является пока общепринятым, однако часто применяется в технической литературе. Термин введен, чтобы применительно к сложившемуся мостовому парку увязать все виды мостовых работ в единый комплекс. Такой подход впервые позволил уяснить взаимосвязь между разными видами мостовых работ и даже определить оптимальную структуру затрат на их проведение.

Эксплуатация мостового парка — это комплекс мероприятий, обеспечивающих постоянное и бесперебойное движение по мостовым сооружениям на сложившейся дорожной сети.

Принципиальным отличием эксплуатации мостового парка от эксплуатации каждого моста является то, что она направлена на сохранение мостового парка как единицы, а не каждого отдельного моста. При этом перестройка отдельных мостов также позволяет сохранять мостовой парк в целом и согласно данному ранее определению может считаться элементом его эксплуатации. Отсюда следует очень важный вывод: если при эксплуатации отдельных мостов каждый мост должен служить возможно дольше, то мостовой парк в целом должен эксплуатироваться постоянно, а оптимальная долговечность мостов (средняя по мостовому парку) при этом определяется на основании экономических факторов.

2. Структура работ по эксплуатации мостового парка

Для нормального функционирования системы эксплуатации мостов необходимо, чтобы выполнялись все виды мостовых работ, притом в необходимых объемах. Вопрос о структуре мостовых работ является менее принципиальным. Тем не менее определенная формализация структуры работ необходима для более четкого составления договоров на производство работ, что даст возможность всем участникам работ одинаково понимать ее основные элементы. Предлагаемая структура работ (рис. 1) не противоречит описываемой системе эксплуатации мостов.



Рис. 1. Структура работ по эксплуатации мостового парка

Как уже отмечалось ранее, весь комплекс мостовых работ применительно к сложившемуся мостовому парку (без нового строительства) трактуется как эксплуатация мостового парка, которую можно подразделить на три принципиально различных вида работ:

- обследование мостов;
- эксплуатация мостов;
- перестройка мостов.

Обследование мостов неслучайно выделено в разряд основных работ. Дело в том, что система эксплуатации мостов просто не может функционировать без полноценной информации о состоянии объектов.

Обследование проводится для оценки технического состояния мостов, накопления данных по изменению их состояния, а также для назначения режима их эксплуатации. Кроме того, при обследовании определяются необходимые объемы ремонтных работ и срочность их проведения. На основании обследований мостов производится планирование работ, выбирается технология их проведения и т.д. Регулярные обследования позволяют существенно снизить стоимость ремонта мостов, что многократно окупает стоимость обследований.

Плановые обследования проводятся с периодичностью 1 раз в 5 лет. Приемочные обследования проводятся после перестройки или ремонта моста. Аварийные мосты следует немедленно закрывать, но по соглашению с мостоиспытательными станциями (МИС) может быть принято решение о временной эксплуатации таких мостов при условии динамического наблюдения за ними.

Обследование мостов как вид работ обычно относят к их содержанию. В данной структуре работ обследование выделено в качестве самостоятельного вида работ в силу его большого значения.

Перестройка мостов — это замена пролетных строений или полная замена мостов с разборкой существующих конструкций.

Эксплуатация мостов включает в себя:

- *содержание;*
- *ремонт;*
- *реконструкцию мостов.*

Содержание мостов — это комплекс мероприятий, направленных на увеличение долговечности мостов, обеспечение возможности и безопасности движения транспортных средств и пешеходов по мостовым переходам, по дорогам и рекам под мостами.

Ремонт мостов — это комплекс мероприятий, направленных на восстановление или усиление элементов мостов. К ремонтным относятся работы, значительные по объему или сложные до такой степени, что производятся по специальному проекту.

Реконструкция мостов — это комплекс работ, направленных на перевод мостов в более высокую категорию, т.е. уширение мостов с добавлением полосы движения транспортных средств. При реконструкции мостов полностью или частично сохраняются пролетные строения и опоры.

Лекция 3. Правила содержания и ухода за инженерными сооружениями

Содержание мостов — это комплекс мероприятий, направленных на увеличение долговечности мостов, обеспечение возможности и безопасности движения транспортных средств и пешеходов по мостовым переходам, по дорогам и рекам под мостами.

Содержание мостов решает следующие задачи:

- обеспечение круглогодичного непрерывного безопасного и комфортного движения транспортных средств с установленными расчетными для моста и дороги скоростями и осевыми нагрузками, а также движение пешеходов;
- обеспечение технически исправного состояния сооружений и расчетного срока их службы при минимальных затратах труда и материально-технических ресурсов;
- систематическое улучшение транспортно-эксплуатационного состояния сооружений с учетом роста интенсивности движения и массы транспортных средств на автомобильных дорогах;
- поддержание в надлежащем состоянии внешнего вида сооружений.

Содержание мостов включает в себя:

- летнее содержание;
- зимнее содержание;
- надзор;
- текущий ремонт;
- пропуск ледохода и паводковых вод;
- содержание судовой сигнализации.

Летнее содержание - комплекс дорожных работ по обеспечению безопасных и комфортных условий движения транспортных средств и пешеходов в летний период.

Зимнее содержание - работы и мероприятия по защите дорог и искусственных сооружений на них в зимний период от снежных отложений, заносов и лавин, очистке от снега, предупреждению образования и ликвидации зимней скользкости и борьбе с наледями.

Надзор - система наблюдений, с целью своевременного обнаружения повреждений и дефектов, снижающих транспортно-эксплуатационные качества сооружения, или предупреждения возможности возникновения этого явления.

Текущий ремонт — это небольшие по объему ремонтные работы, выполняемые по ведомостям дефектов, а также профилактические мероприятия по защите элементов моста от вредных воздействий.

Успешный *пропуск паводка и ледохода* обеспечиваются хорошей предшествующей подготовкой сооружения и наличием необходимых материалов и инвентаря. Подготовка к пропуску паводка и ледохода проводят заблаговременно в осенне-зимний период. Для определения времени начала паводка и ледохода и их интенсивности дорожный (мостовой) мастер должен использовать прогнозы гидрометеорологической службы. В зависимости от мощности ожидаемого ледохода, уровня паводковых вод, конструкции опор объем работ по защите сооружения может быть различным. Значительные затраты, как правило, требуются при пропуске льда и паводка на северных реках и под мостами с мелким заложением опор в размываемых грунтах.

По мостовым переходам, подверженным воздействию весеннего ледохода и паводка, должны быть своевременно подготовлены и составлены календарные планы практических мероприятий с отражением в этих планах комплекса и объема подготовительных работ, потребности инструментов, материалов, рабочей силы, транспортных средств с указанием сроков и ответственных исполнителей.

Для защиты сооружений от повреждений льдом и паводком необходимы систематические наблюдения за режимом потока, особенно в период паводков и ледоходов, современная подготовка сооружения и средств водо и ледоборьбы, энергичная и действенная охрана сооружения с начала возникновения угрозы до полной ее ликвидации.

В обязанности дорожного (мостового) мастера, эксплуатирующего мосты на судоходных реках, входит также контроль за сохранностью *знаков судоходной сигнализации*, установленных на пролетных строениях, габаритных огней. Знаки должны быть окрашены в соответствующий цвет, а навигационные огни на сооружениях должны действовать в течение всего темного периода суток.

2. Уход за сооружениями

Летнее и зимнее содержание искусственных сооружений на автомобильных дорогах предусматривает выполнение целого набора работ, приведенного в соответствии с «**Классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог**», утвержденной приказом Минтранса России №402 от 16.11.2012г.

Перечень работ по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

а) очистка от пыли и грязи элементов мостового полотна и тротуаров, подферменных площадок, опорных частей, элементов пролетных строений, лестничных сходов, опор, тоннелей и других искусственных сооружений;

б) очистка (в том числе и от растительности) конусов, откосов, подмостовых русел;

в) заделка трещин и мелких выбоин в покрытии в зоне деформационных швов, у тротуаров и на тротуарах, подкраска металлических элементов перил, ограждений, мачт освещения и других объектов, нанесение разметки на элементы мостовых сооружений, смазка опорных частей, очистка элементов от гнили и местное антисептирование на деревянных мостах;

г) предупредительные работы по пропуску ледохода и паводковых вод, уборка снега и льда у отверстий малых мостов, открытие и закрытие отверстий малых мостов, техническое обслуживание очистных сооружений, предупредительные работы по защите автомобильных дорог и дорожных сооружений от наводнений, заторов, пожаров, противопаводковые мероприятия;

д) техническое обслуживание паромных переправ; регулирование высоты причалов;

е) обслуживание судовой сигнализации и аэросигнализации на мостах;

ж) обслуживание наплавных и разводных мостов, сборка и разборка сезонных (временных) сооружений, разводка и наводка мостов, уход за подъемными и разводными механизмами мостов, наплавными средствами и надстройками;

з) исправление водоотводных трубок, лотков и изоляции в зоне примыкания к ним, исправление повреждений деформационных швов,

тротуаров, перил и ограждений, устранение просадок до 10 см в зоне сопряжения моста с насыпью, окраска перил, ограждений и столбов освещения, нанесение на конструкции мостового сооружения соответствующей разметки;

и) устранение повреждений деталей опорных частей и связей пролетных строений, а также смотровых приспособлений, устранение повреждений козырьков вдоль пролетов и сливов с горизонтальных поверхностей опор и пролетных строений;

к) локальная окраска (в том числе с удалением продуктов коррозии, зачисткой металла и нанесением грунтовки) элементов металлических конструкций пролетных строений и опор, окраска ограждений, замена дефектных заклепок, подтяжка болтов, нейтрализация трещин в металле, восстановление узлов и стыков объединения стальных балок с железобетонными плитами и узлов ферм;

л) устранение локальных промоин в откосах насыпи конусов, регуляционных сооружениях и подходах, устранение размывов у опор;

м) устранение повреждений отделки тоннелей на локальных участках и повреждений водоотводных лотков, гидроизоляции, систем вентиляции, освещения, пожаротушения, противоавиационных и других технических устройств, используемых для безопасной эксплуатации тоннелей; устранение сползания грунта над порталами и низин на местности над тоннелями в местах, где не обеспечен водоотвод;

н) исправление сопряжения мостового сооружения с насыпью, исправление положения переходных плит;

о) устранение мелких дефектов железобетонных конструкций, включая гидрофобизацию поверхности, заделку раковин, сколов и трещин, устранение проломов плит, разрушений диафрагм, продольных швов омоноличивания балок (арок), восстановление части элементов с добавлением арматуры и последующим бетонированием этого участка (консолей плит, торцов балок и т.д.);

п) замена части покрытия, замена водоотводных трубок и лотков, восстановление изоляции на части мостового полотна, устранение дефектов системы водоотвода на искусственных сооружениях и подходах к ним, исправление или замена деформационных швов, устранение дефектов или замена отдельных элементов тротуаров, перил, ограждений, пандусов

восстановление элементов лестничных сходов;

(Подпункт в редакции, введенной в действие с 5 февраля 2018 года приказом Минтранса России от 7 ноября 2017 года N 479.

р) замена досок настила и тротуаров деревянных мостов, устранение дефектов или частичная замена прогонов, подтяжка тяжей узлов ферм, антисептирование деревянных конструкций пролетных строений и опор;

с) устранение дефектов оголовков труб и открылков устоев мостов; устранение локальных повреждений изоляции и стыков колец труб изнутри;

т) замена подферменников; торкретирование поверхности опор; восстановление части ригелей и стоек; восстановление защитного слоя бетона отдельных элементов пролетных строений и опор;

у) замена или выправка опорных частей с подъемом пролетного строения;

ф) на регулиционных сооружениях восстановление разрушенных участков насыпи и укрепления откосов, восстановление упора для укрепления конуса и берегоукрепительные работы;

х) замена настила на паромных переправах и наплавных мостах, а также перил, ограждений и колесоотбойных брусьев; восстановление тротуаров, сопряжений пролетных строений между собой; восстановление балочной клетки причалов, устранение дефектов или замена обшивки и отдельных элементов плавсредств; антисептирование деревянных конструкций, окраска поверхности других элементов.

Качество работ по летнему содержанию нормируется в соответствии с ГОСТ 33180-2014 Дороги автомобильные общего пользования. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ЛЕТНЕГО СОДЕРЖАНИЯ. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2015 г. № 1120-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33180—2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2015 г.

В состав *работ по зимнему содержанию* входят:

- 1) уход за постоянными снегозащитными сооружениями;
- 2) устройство снегомерных постов, необходимых для изучения работы автомобильных дорог и дорожных сооружений в зимних условиях;
- 3) заготовка, установка, перестановка, уборка и восстановление

временных снегозадерживающих устройств (щитов, изгородей, сеток и др.), сигнальных вех; формирование снежных валов и траншей для задержания снега на придорожной полосе и их периодическое обновление;

4) механизированная снегоочистка, расчистка автомобильных дорог от снежных заносов, борьба с зимней скользкостью, уборка снежных валов с обочин;

5) профилирование и уплотнение снежного покрова на проезжей части автомобильных дорог с переходным или грунтовым покрытием;

6) погрузка и вывоз снега, в том числе его утилизация;

7) распределение противогололедных материалов;

8) регулярная очистка от снега и льда элементов обустройства, в том числе автобусных остановок, павильонов, площадок отдыха, берм дорожных знаков, ограждений, тротуаров, пешеходных дорожек и других объектов;

9) очистка от снега и льда элементов мостового полотна, а также зоны сопряжения с насыпью, подферменных площадок, опорных частей, пролетных строений, опор, конусов и регуляционных сооружений, подходов и лестничных сходов;

10) круглосуточное дежурство механизированных бригад для уборки снега и борьбы с зимней скользкостью, патрульная снегоочистка;

11) устройство, поддержание в чистоте и порядке зимних автомобильных дорог (автозимников);

12) обслуживание и восстановление баз хранения противогололедных материалов и скважин для добычи природных рассолов, приготовление противогололедных материалов, поддержание в чистоте и порядке подъездов к базам хранения противогололедных материалов и скважинам для добычи природных рассолов;

13) поддержание в чистоте и порядке, обслуживание и восстановление автоматических систем раннего обнаружения и прогнозирования зимней скользкости, а также автоматических систем распределения противогололедных материалов, в том числе содержание и (или) аренда каналов связи и оплата услуг связи для их функционирования, на развязках в разных уровнях и искусственных сооружениях;

14) закрытие отверстий водопропускных труб осенью и открытие их весной, очистка водопропускных труб от снега, льда, мусора и посторонних

предметов;

15) борьба с наледями на автомобильных дорогах, в том числе у искусственных сооружений;

16) проведение противолавинных мероприятий, уборка лавинных отложений;

17) устройство, поддержание в чистоте и порядке ледовых переправ.

Качество работ по зимнему содержанию нормируется в соответствии с ГОСТ 33181-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2015 г. N 1121-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33181-2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2015 г.

В Росдорнии проведены исследования по сравнению различных схем содержания. Сопоставлялись варианты:

- содержание без ухода за сооружением (до предельного износа с последующей заменой моста);

- в процессе содержания проводятся только ремонтные работы (мост эксплуатируется без ухода до предела работоспособности элементов и сооружения в целом);

- проводится только планово-предупредительный ремонт;

- организован постоянный уход с периодическим выполнением ремонта;

- в процессе содержания выполняются все необходимые работы по содержанию;

- проводятся работы по содержанию с периодическим ремонтом или ННР.

Сопоставление вариантов проводилось по удельным показателям затрат (годовых), полученных как сумма всех затрат за период содержания до полной замены, деленная на предельный срок службы. Сопоставление удельных затрат показало, что наиболее экономичными схемами эксплуатации являются схемы, предусматривающие выполнение работ по содержанию (уход, профилактика) или по содержанию с эпизодическими планово-предупредительными работами. Отсутствие ухода и профилактики требует более капитальных вложений на реновацию или более частых работ

по ремонту (планово-предупредительный ремонт и ремонт). Проведение всех работ по содержанию моста с момента постройки приводит к увеличению долговечности (срока службы) на 10 - 40 лет.

В частности, постоянный уход увеличивает предельные сроки эксплуатации с 30 до 40 лет, а уход с профилактикой до 70 лет. При этом затраты на содержание минимальные. В то же время отсутствие ухода заставляет вкладывать большие средства в восстановительные работы при значительно меньшем выигрыше в сроке службы.

Лекция 4. Особенности эксплуатации искусственных сооружений в суровых климатических условиях.

Состав производственно-технической документации при эксплуатации инженерных сооружений

1. Особенности эксплуатации искусственных сооружений в суровых климатических условиях

Районы с суровыми климатическими условиями, относящиеся к северной строительно-климатической зоне, характеризуются продолжительной зимой с низкими отрицательными температурами воздуха, снежными заносами, вечномерзлыми грунтами, наледными явлениями и другими мерзлотными процессами.

Такие климатические и геофизические факторы отрицательно воздействуют на состояние и работу искусственных сооружений.

Основные принципы климатического районирования и все климатические характеристики территории РФ приведены в СП131.13330.2012 Строительная климатология.

По суровости климата на территории ССКЗ выделены районы: *суровые, наименее суровые и наиболее суровые*, однако четких границ нет.

Способы и приемы содержания, цель которых - предупреждение появления и развития повреждений, должны строго увязываться с принципиальными решениями, принятыми при проектировании и строительстве сооружений. Например, для сооружений, возведенных по принципу сохранения мерзлого состояния грунтов основания в процессе эксплуатации, работы по текущему содержанию или ремонту должны обеспечивать неизменность температуры вечномерзлых грунтов. Для сооружений, возведенных с допущением оттаивания мерзлых оснований, применяемые при содержании мероприятия должны регулировать процесс протаивания мерзлых грунтов и обеспечивать его равномерность во времени.

При содержании искусственных сооружений, эксплуатируемых в суровых климатических условиях, особое внимание должно уделяться осуществлению профилактических мер, направленных на обеспечение надлежащего состояния русл и укрепительных устройств.

С целью безопасного пропуска паводковых вод, предотвращения застоев, подпоров воды перед мостами и трубами (во избежание локального

протаивания вечной мерзлоты в пределах расположения сооружений), образования наледей русла регулярно расчищают.

Перед малыми искусственными сооружениями при необходимости для предотвращения засорения и заиливания отверстий устраивают ограждения в виде каменной наброски. Размываемые места русла в зоне сооружений (источники наносов и очаги образования термокарста) в зависимости от местных условий заполняют камнем, грунтом и укрепляют мохово-растительным покровом, посадкой кустарника и т. д.

На вечномерзлых грунтах водопропускные сооружения возводятся в основном по принципу сохранения оснований в мерзлом состоянии - это существенно снижает стоимость строительства. Но мерзлые грунты являются надежным основанием для сооружений только в том случае, если в них сохраняются расчетные отрицательные температуры. Поэтому при повышении температур выше расчетных или оттаивании вечномерзлых грунтов в основании сооружений нужно срочно принимать меры по укреплению и консервации мерзлых оснований, восстановлению мерзлого состояния протаявших вечномерзлых грунтов. Для этих целей разработаны специальные термотехнические мероприятия:

1) устройство термоизоляционных покрытий (термопокрытий) возле опор мостов и оголовков труб, в пределах лотков труб и подходных русел мостов и труб;

2) устройство пористых вентилируемых обсыпок из крупнообломочного материала около опор мостов, звеньев и оголовков труб;

3) промораживание основания опор мостов, секций и оголовков труб при помощи теплообменных устройств системы С. И. Гапеева (жидкостные) и Е. Л. Лонга (парожидкостные), буровых скважин или пустотелых замораживающих свай-труб, вентилируемых галерей, зероторов и замораживающих колонок, выморозочных траншей.

Термотехнические мероприятия выбирают с учетом их эффективности в данных мерзлотногрунтовых условиях, продолжительности работ по укреплению оснований и др.

Термоизоляционные покрытия устраивают в виде подушек и берм из теплоизоляционных материалов (керамзита, пенопласта, минеральной ваты, шлака, торфа, дерева и т. п.). Для сооружений, расположенных на периодических водотоках, термоизоляционные покрытия устанавливают на

деревянных сплошных настилах из старогодных шпал, на деревянных или железобетонных обрешетниках, оконтуренных специальными Г-образными железобетонными блоками против размыва.

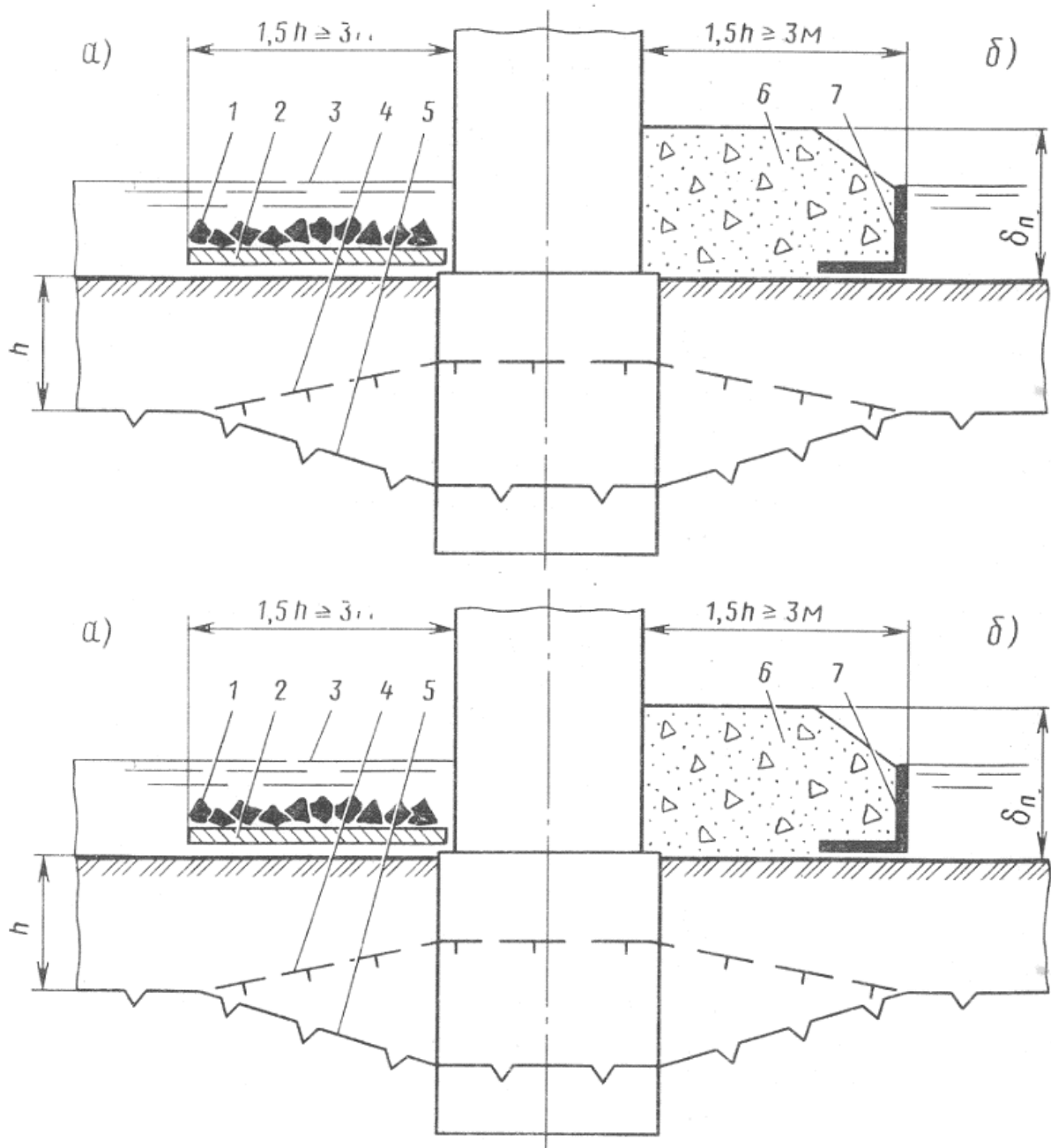


Рис.1. Термоизоляционные покрытия у опоры моста из деревянного настила или пенопласта (а) или в виде отсыпки (б):

1 – каменная наброска; 2 –настил; 3 – уровень воды; 4 – верхняя граница вечной мерзлоты после устройства покрытия; 5 – то же до устройства; 6 – теплоизоляционный материал; 7–контурный блок.

2. Состав производственно-технической документации при эксплуатации инженерных сооружений

Техническому учету подлежат все искусственные сооружения на автомобильной дороге. Работы по техническому учету ведутся мастером. По договорам к техническому учету могут привлекаться специализированные организации.

Перечень документации по техническому учету и место ее хранения показано в таблице 1.

№ п\п	Вид документа	Область применения	Место хранения
1.	Исполнительные чертежи и документация на сооружение	Для всех сооружений	Хранится в организации, на балансе которой находится сооружение
2.	Карточка моста	Для всех сооружений	Один экземпляр хранится в организации, на балансе которой находится сооружение. Второй экземпляр – у мостового мастера.
3.	Паспорт моста	Мосты на федеральных дорогах	Один экземпляр хранится в организации, на балансе которой находится сооружение.
4.	Ведомость наличия и технического состояния мостов и путепроводов	Мосты на федеральных дорогах	Один экземпляр хранится в организации, на балансе которой находится сооружение.
5.	Книга моста	Для больших мостов	У мостового мастера
6.	Общая книга мостов	Для малых и средних мостов	У мостового мастера
7.	Дискета для автоматизированной работы на компьютере	На все сооружения	В мостовой инспекции (мостового отдела) организации, на балансе которой находится сооружение.
8.	Акты, заключения и отчёты по результатам обследования	На все сооружения	Один экземпляр хранится в организации, на балансе которой находится сооружение, второй – у мостового мастера.

В документы технического учета ежегодно вносят изменения по стоянию на 1 января.

Документы оформляются в 2-х экземплярах, а карточки в 5 экземплярах.

Заполнение документации производится мостовым мастером. Первый экземпляр документации вместе с 4-мя экземплярами карточек на мосты пересылаются в дорожное управление.

Книги должны ежегодно просматриваться руководителем дорожного подразделения с отметкой о просмотре.

В учетной документации должна содержаться исчерпывающая информация о сооружении с соблюдением строгой последовательности изложения данных о его состоянии, всех изменениях и осмотрах, а также ремонтах.

Таблица 2. Состав документации по техническому учету

Документация	Область применения	Содержание
1	2	3
Карточка на мост(путепровод)	На все сооружения	Общие сведения: - о мосте - о пролетных строениях
Паспорт моста	Мосты на федеральных дорогах	- об опорах - о регуляционных сооружениях - о подходах - об охране
Ведомость наличия и технического состояния мостов и путепроводов	- « -	- местоположение сооружения; - сроки и виды ремонтных работ, выполненных на сооружении; - техническая характеристика сооружения; - оценка состояния сооружения
Отдельная книга моста	Для мостов длиной более 100 м железобетонных и сталежелезобетонных	Местоположение моста; данные о грузоподъемности; длительные ограничения движения; происшествия на моту; осмотры и ремонты: - мостового полотна

1	2	3
Общая книга	Для малых и средних мостов	<ul style="list-style-type: none"> - пролетных строений - опор - регуляционных сооружений наблюдения за дефектами моста (по элементам); ремонты элементов; профили промеров русла и планы их расположения; замечания и распоряжения по содержанию и ремонту. На каждый мост выделяется несколько страниц и заполняются они аналогично разделам отдельной книги моста.
Дискета для автоматизированной работы на компьютере	На все сооружения	Общие сведения о сооружениях (банк данных) и программы по работе с банком данных

Начиная с 1991 года введена на федеральных дорогах диагностика технического состояния сооружений, проводимая мостоиспытательными станциями по маршрутам. Оформление результатов диагностики производится в виде паспорта сооружения, который хранится в органе управления дорожным хозяйством.

Документацию следует хранить даже в том случае, если сооружение реконструировано или заменено.

Лекция 5. Организация службы эксплуатации, назначение и состав работ по надзору и осмотру инженерных сооружений

1. Организация службы эксплуатации

Основным нормативным документом регламентирующим правила эксплуатации искусственных сооружений на автомобильных дорогах являются "Методические рекомендации по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах" утвержденные Распоряжением «РОСАВТОДОР» №7-р от 30.08.99.

В данных Рекомендациях представлена классификация работ по содержанию мостовых сооружений и даны предложения по формированию службы их содержания с перечнем работ, возлагаемых на эту службу, показаны порядок взаимоотношений между Заказчиком и Подрядчиком и основные правила контроля качества выполняемых работ, изложены также требования к качеству содержания сооружений и уровни нормативных требований.

Подрядчик осуществляет весь комплекс работ по содержанию мостовых сооружений на всей их длине и на прилегающих к ним участках подходов длиной по 6 м с двух концов сооружения (рис. 1).

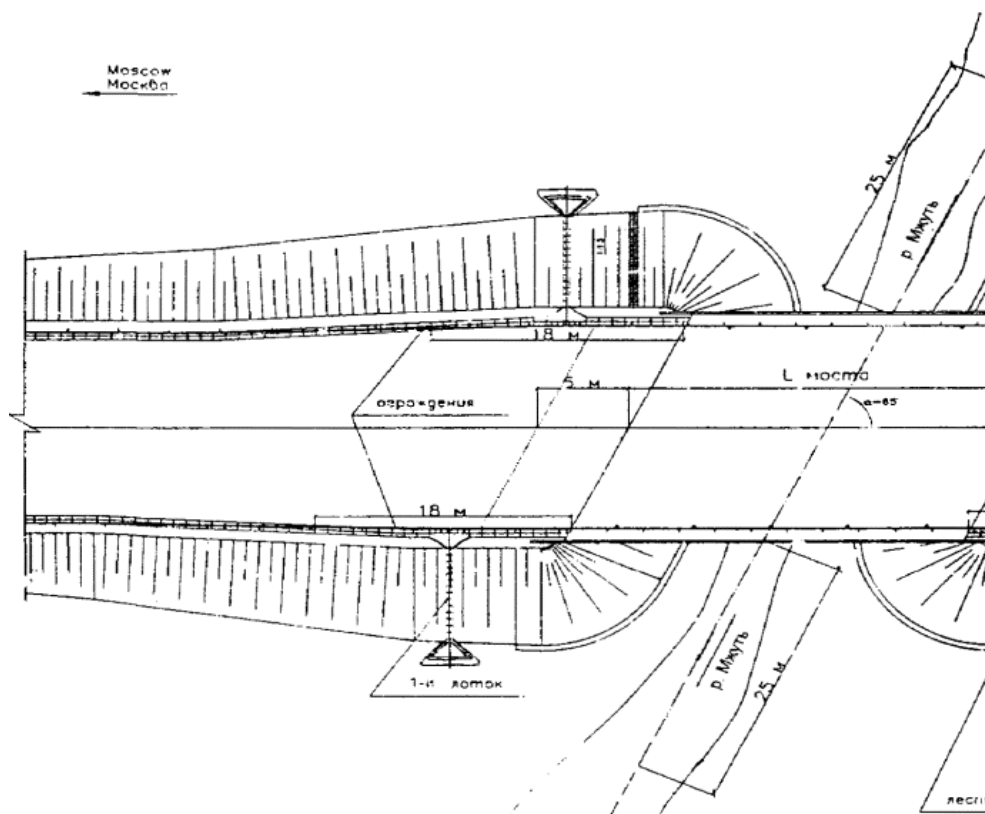


Рис. 1. План моста

В целом зона обслуживания мостов включает:

1) В продольном направлении: сам мост (путепровод) и прилегающие к нему участки подходов длиной по 6 м с двух сторон.

2) В поперечном направлении: На мостах по 25 м с верховой и низовой стороны от сооружения при конусах насыпи или длину регуляционных сооружений при их наличии. На путепроводах эта зона ограничивается шириной конуса сооружения.

3) За руслом водотока следят на длине 100 м выше и ниже по течению.

4) Не зависимо от удаления от мостового сооружения Подрядчик содержит знаки организации движения по мосту (ограничения грузоподъемности, скорости движения, установки приоритетов и т.д.), знаки индивидуального проектирования (название реки), а также лестничные сходы с моста и водоотводные лотки в конусах насыпей. При больших подходах, имеющих несколько водоотводных лотков, Подрядчик содержит первый лоток от моста с каждой его стороны.

5) Ограждения на подходах Подрядчик обслуживает на длине по 18 м с обоих концов сооружения.

При создании производственных подразделений необходимо учитывать число и протяженность обслуживаемых мостовых сооружений, находящихся на закрепленных участках дорог. В составе организаций, осуществляющих содержание более 30 мостовых сооружений, создаются специализированные производственные мостовые подразделения - мостовые участки.

В состав мостовых участков, в зависимости от числа и протяженности, закрепленных за Подрядчиком мостовых сооружений, могут входить две-четыре комплексные бригады, возглавляемые мостовыми мастерами. Каждый мостовой участок может иметь два – три специализированных по видам работ звена. Например, звено по ремонту деформационных швов и гидроизоляции, звено по ремонту железобетона пролетных строений и др.

Производственное мостовое подразделение Подрядчика должно иметь в своем составе:

- управленческий аппарат;
- группу механизации (базу техники с водителями, ремонтные

мастерские);

- бригады и звенья численностью в зависимости от объемов работ.

Количество бригад, звеньев и их состав может определяться при расчете нормативной численности рабочих, а специализация зависит от типа сооружения.

Могут быть созданы специализированные звенья (3-5 чел.) по содержанию крупных сооружений:

- металлических мостов длиной свыше 200 м;
- железобетонных и сталежелезобетонных мостов длиной свыше 300 м;
- деревянных мостов длиной свыше 150 м.

Специализированные звенья по содержанию могут обслуживать территориально обособленные группы сооружений. В зависимости от материала конструкций сооружения в состав звена могут входить дорожный рабочий, бетонщик, изолировщик, слесарь, маляр, плотник и пр.

В состав комплексных бригад могут входить: дорожный рабочий, бетонщик, штукатур, изолировщик, маляр, слесарь, машинист (моторист), сварщик, электрик, плотник, водитель спецавтомобиля.

Для выполнения большого объема работ специального значения (бетонных, покрасочных и т.д.) могут быть созданы специализированные звенья и бригады, численность которых определяется из объема работ.

При создании производственных мостовых подразделений или привлечении к работам по содержанию специализированных фирм Подрядчиков необходимо учитывать специфику работы этих подразделений:

- разбросанность фронта работ по дороге;
- сезонность работ;
- работа на высоте.

Для эффективной работы подразделений следует:

а) сформировать зону обслуживания бригадами, звеньями, исходя из целесообразности транспортировки машин, механизмов, материалов, рабочих (в пределах до 100 км) от расположения базы.

б) осуществлять планирование работ с учетом планомерной загрузки подразделений в течение всего года.

2. Назначение и состав работ по надзору и осмотру инженерных сооружений

Важной составной частью всего комплекса работ по эксплуатации мостов является надзор за ними.

Надзор — это система осмотров разного уровня, являющихся упрощенными обследованиями мостов. Значение этого вида работ заключается в получении и анализе информации, в результате чего разрабатываются текущие мероприятия по эксплуатации конкретных мостов и определяются стратегические ориентиры для эксплуатации мостового парка в целом.

Надзор включает: постоянный надзор, текущие, периодические и специальные осмотры (обследования), диагностику и, при необходимости, испытания сооружения.

Все эти работы проводят согласно «Инструкции по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах» (ВСИ 4-90), или других документов, ее заменяющих.

Перечень основных работ по содержанию сооружений представлен в разделе «Классификация работ по содержанию мостовых сооружений», представленной в «Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог», утвержденной приказом Минтранса России №402 от 16.11.2012г.

Эта классификация базируется на делении мостового сооружения на четыре его основные части (мостовое полотно, пролетное строение, опоры и подмостовое пространство, включая регуляционные сооружения), каждая из которых, также подразделяется на отдельные элементы увязанные с существующим «Банком данных по мостовым сооружениям» («МОНСТР»).

Работы по содержанию мостов следует организовать таким образом, чтобы осмотр каждого моста производился 1 раз в неделю. Это нужно для того, чтобы быстро обнаруживать повреждения, которые могут появиться внезапно (обычно они связаны с ДТП на мостовом переходе).

Таблица 1. Периодичность осмотров

№ п/п	Должность лица или организации, проводящие осмотр	Сооружения, конструктивные элементы	Периодичность и время осмотров	Среднее количество осмотров в год	Примечания
1	2	3	4	5	6
1	Постоянный надзор				
	Мостовой мастер	Все виды сооружений	Осмотр один раз в 10 дней	36	Делается запись в книге иск. соор. о проделанной работе
	Мостовой мастер	Железобетонные пролетные строения, мостовое полотно, опоры, конусы, регуляционные сооружения, подмостовая зона	Текущий осмотр в том числе: весной после паводка осенью перед ледоставом	2 1 1	Результаты осмотра заносят в книгу иск.соор., где отмечают: - образование дефектов новых или их нет; - развитие старых дефектов или отсутствие развития; - предложения по их устранению или мероприятия по дальнейшему виду надзора и
		Металлические, сталежелезобетонные пролетные строения	Всего в том числе: не реже одного раза в полугодие (весной и осенью) в зимний период - один раз в месяц	16 2 5	
		Сварные конструкции пролетных строений	при среднесуточной температуре ниже минус 20°С	9	Определено по ГОСТ 16350-80
2	Периодический осмотр				
	Начальник или главный инженер эксплуатирующей организации совместно с мостовым мастером	Мостовые сооружения в целом	Всего в том числе: после прохода паводковых вод после выполнения значительных по объему ремонтных работ аварийная ситуация или чрезвычайные	1,2 1 0,2	Записи в книгу иск. соор. с указанием об условиях эксплуатации сооружения, видах ремонта и сроках их выполнения

			обстоятельства		
3	Диагностика				
	Отдел мостовых сооружений Заказчика или специализированные организации	Мостовые сооружения в целом	Периодически один раз в пять лет	0,2	Работы проводят в режиме маршрутного осмотра сооружений
4	Специальный осмотр (обследование)				
	Специализированные организации	Мостовые сооружения в целом	Не реже одного раза в 10 лет, в зависимости от технического состояния сооружения	0,1	1. Мосты длиной до 100 м могут осматриваться комиссией, образованной Дирекцией автодороги
		Мостовые сооружения в целом	Внеплановые до и после пропуска СНН, после ремонта или чрезвычайной ситуации	По факту	2. Осмотры малых, и средних мостов целесообразно осуществлять в порядке сплошного их обследования (диагностики)
		Сооружения, конструктивные элементы: - в аварийном состоянии - в неудовлетворительном состоянии или предпроектная необходимость	В кратчайшие сроки Ежегодно до начала ремонта	По факту 1,0	3. Записи в книге иск. соор. должны включать краткие выводы по результатам обследования, дату работы и исполнителя

При проведении постоянного надзора осуществляют беглый визуальный осмотр мостов. Отмечают места загрязнения (сразу после этого грязь удаляют), а также повреждения, появившиеся внезапно.

Специалисты, ведущие надзор за группой сооружений, через некоторое время будут хорошо знать и помнить имеющиеся повреждения и легко заметят изменения в состоянии сооружений. Появление новых повреждений регистрируют в мостовой книге.

При весенних и осенних осмотрах производится подробный осмотр всех элементов. Желательно придерживаться определенного порядка осмотра, чтобы не допускать пропусков. Производится осмотр доступных элементов с земли и воды, с лестниц и имеющихся подмостков, а также

осмотр недоступных элементов с помощью бинокля. При появлении сомнений в надежности недоступных элементов необходимо принять меры к их непосредственному осмотру.

Осенние осмотры проводят коллективно под руководством главного инженера подрядчика по содержанию мостов или при участии специалиста по эксплуатации мостов высокой квалификации. При этом непосредственно около объектов обсуждают необходимые виды и объемы работ и намечают сроки проведения работ. На основании осмотров и обсуждений составляют годовой план работ. Весенние осмотры проводит прораб. При обнаружении новых серьезных повреждений он подает предложения по корректировке годового плана.

Результаты осенних и весенних осмотров, а также принятые решения записывают в мостовых книгах. Подробное описание всех результатов делать не следует: это затруднит поиск необходимой информации.

Описывать нужно только новые повреждения, появившиеся после предыдущего осмотра, а также данные наблюдений, если появились изменения. Если в период между осмотрами ничего не изменилось, достаточно записать: «Изменений нет».

Мостовые книги предназначены, во-первых, для накопления данных по эксплуатируемым мостам, что позволяет более обоснованно принимать решения при оценке технического состояния мостов и назначать более простые и не требующие больших финансовых вложений мероприятия по их ремонту, во-вторых, для контроля работы подрядчиков.

Перечень работ и сроки, записанные в мостовой книге, становятся законом после утверждения их заказчиком. Естественно, заказчик может внести изменения в эти записи. В дальнейшем по этим записям осуществляется контроль работ. Если какие-то работы не планируется выполнить в течение года, по результатам очередного осмотра сроки могут быть изменены.

Во время осмотра мостов все записи и схемы нужно делать в полевых блокнотах, которые при передвижении по конструкции кладутся в карман спецодежды. Писать можно только карандашом. Это связано с тем, что во время работы на блокнот иногда может попасть вода или снег. В этих случаях только карандашные записи сохраняются достаточно четко.

Ни в коем случае не следует делать записи по памяти. При описании

повреждений в каком-либо элементе нужно находиться около этого элемента. В исключительных случаях можно диктовать наблюдения второму участнику работ, находящемуся в более удобном положении.

Лекция 6. Виды инструментальных наблюдений в процессе эксплуатации и особенности скрытых дефектов

1. Выявление скрытых дефектов

При осмотре элементов моста мастер обязан выявлять повреждения, строительные и эксплуатационные дефекты с выделением требующих немедленного устранения, фиксировать дефекты в натуре (пометкой на конструкциях) а также в технической документации, при необходимости организовывать и вести наблюдение за изменением повреждений во времени, проводить контрольно-инструментальные измерения для выявления общих и местных деформаций элементов и определять объем ремонтных работ, а также работ по уходу за сооружением.

Для наблюдения за изменениями во времени наиболее опасных трещин в бетоне пользуются контрольными маяками в виде полоски из гипса, которой перекрывают трещину в месте наибольшего ее раскрытия. Время и место установки маяка должно быть зафиксировано в книге искусственного сооружения. Появление разрыва маяка в месте трещины свидетельствует об ее развитии. Развитие трещин в металле определяют путем фиксации их окончания и развития по длине.

Все дефекты необходимо фиксировать на конструкции мелом или краской в момент обнаружения, отмечая трещины линией вдоль трещины.

Границы трещины - поперечным штрихом по ее концам; наибольшее раскрытие трещины - цифрой на конструкции в мм.

Раковины, сколы, зону слабого бетона, выпучивание элемента, его деформирование или смятие - линией по периметру дефекта.

Результаты осмотра заносятся в книгу моста. На основании осмотра составляется дефектная ведомость, которая служит основанием для определения и планирования работ, дается оценка технического состояния сооружения.

Если на сооружении обнаружены дефекты, снижающие его грузоподъемность и безопасность движения, или обнаружен прогрессирующий рост какого-либо дефекта или группы однородных дефектов, мастер должен немедленно сообщить письменно об этом начальнику дорожного подразделения и поставить вопрос о проведении обследований сооружения мостоиспытательной организацией для оценки

состояния и грузоподъемности моста.

2. Система обозначения при осмотрах

При осмотрах мостов необходимо, как правило, применять систему обозначения и счета элементов, принятую в исполнительной документации и материалах обследований. В случае отсутствия такой информации следует обозначать:

опоры - цифрами, начиная с единицы (1,2,3...) по направлению возрастания километража дороги, а концы крайних консолей (при лежневых опорах) соответственно через ноль и числом после номера последней опоры.

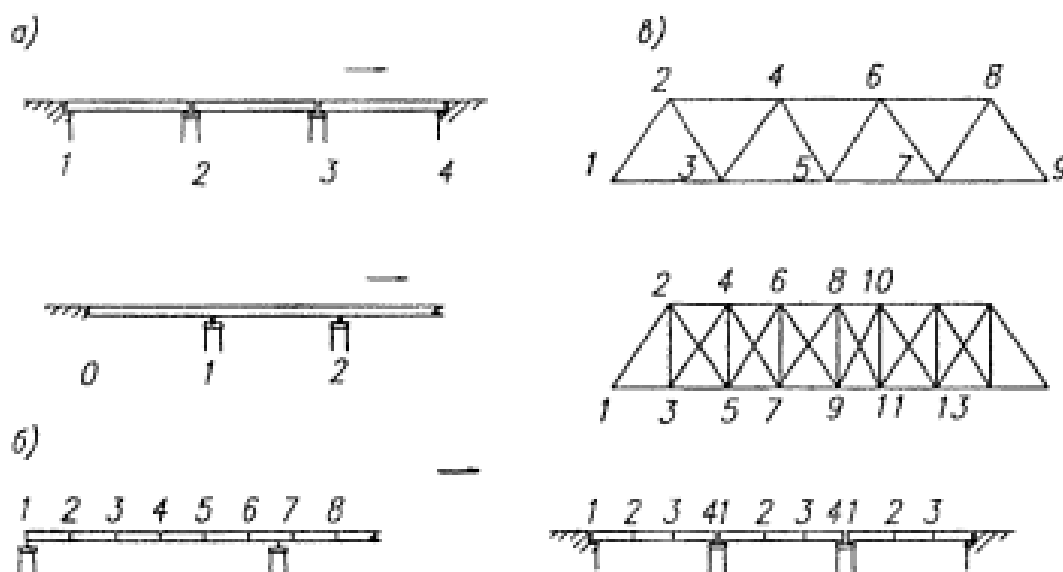


Схема обозначения элементов искусственного сооружения:

а)-опор пролетных строений; б)-диафрагм, панелей и блоков (неразрезных и разрезных балок; в)-элементов сквозных ферм.

пролеты - минимальными номерами соответствующих опор;

подвесные

пролеты - номерами примыкающих опор с индексом (1' - 2');

главные балки - (фермы, арки и т.д.) пролетных строений - цифрами, начиная с единицы с левой стороны относительно счета опор, диафрагмы, ребра жесткости;

поперечные

балки и связи - по длине пролета цифрами, начиная с единицы по направлению возрастания номера опоры;

панели пролета - номерами соответствующих диафрагм и т.д.;

тротуары - словами соответственно «верховой» и «низовой» или «левый» и «правый»

элементы

сквозных ферм - номерами (см. схему «в»)

подходы к мосту - словами «в начале» и «в конце»

регуляционные

сооружения - словами «верховые», «низовые»

В разрезных системах для каждого пролета нумерацию элементов и узлов принимают отдельно, для неразрезных - непрерывная на всю длину пролетного строения.

На схемах и чертежах ориентацию моста и его частей следует располагать с отсчета нумерации его элементов слева на право по ходу километража автомобильной дороги.

3. Контрольно-инструментальные измерения

Контрольно-инструментальные измерения необходимы для выявления общих деформаций сооружения, в случаях обнаружения отклонений элементов пролетных строений от нормального положения в плане или профиле, а также при наклоне или осадке опор и смещениях опорных частей. Для выявления этих работ используются геодезические инструменты.

Для наблюдения за характером развития деформаций и искусственных сооружений выполняют контрольно-инструментальные измерения.

К ним относят проверку пространственного положения опор и опорных частей, съемку продольного и поперечного профиля проезжей части моста, плана балок (ферм) пролетных строений.

Инструментальную съемку опор производят периодически в случае отклонения их от проектного положения. Для этой цели используют тахеометр, устанавливаемый вдоль граней опор таким образом, чтобы плоскость визирования была вертикальной. При помощи горизонтальных реек (по теодолиту) определяют наклон граней опор.

Осадку опор определяют нивелировкой по фиксированным точкам подферменников и обреза фундамента.

Нивелирование проезжей части моста и подходов производят для выявления профилей сооружения и подходов в продольном и поперечном направлениях. Точки для нивелирования выбирают таким образом, чтобы получить все характерные изменения профиля (например, в середине пролета, в местах просадок и т.п.).

С помощью продольного профиля пролетных строений выявляют их общие деформации (прогибы), просадки опор. Съёмку выполняют периодически по твердо закрепленным точкам. В сквозных фермах точки съёмки должны соответствовать узлам главных ферм, в арочных мостах – надарочным стойкам, в висячих мостах - подвескам, в балочных мостах со сплошной стенкой точки следует брать в местах прикрепления поперечных балок или поперечных связей, а также в опорных сечениях и на середине пролета.

Точки установки реек закрепляют на поясах деревянных ферм штырями, а на железобетонных или металлических фермах - несмываемой красной краской.

Места установки рейки должны быть расположены на участках без местных повреждений, очищенных от мусора, ржавчины и старой краски.

В журналах наблюдений записывают условия, при которых производилась съёмка: температуру воздуха, освещенность солнцем, состояние погоды, наличие ветра и т.д.

Все точки нивелирования вычисляют (в абсолютных или относительных отметках) от отметок реперов.

Если вблизи моста долговечный репер отсутствует, его следует установить.

На новый репер составляют ведомость с указанием его номера, отметки, местоположения, а также даю г схематический чертеж, поясняющий его конструкцию.

Величину строительного подъема или провисания в любом узле фермы определяют по формуле:

$$F_1 = B - A + \frac{(A - C) \times b}{l},$$

где А и С - отметки опорных точек балки (фермы),

В - отметка промежуточной точки, для которой вычисляется строительный подъем,

b - расстояние по горизонтали от опорной точки с минимальной

отметкой А до промежуточной точки с отметкой В,
 F - строительный подъем или провисание точки с отметкой В,
 l - расчетный пролет балки (фермы).

Порядок проведения работ при осмотрах приведен в таблице 1.

Таблица 1. Порядок проведения осмотров.

Содержание работы	На что обращается внимание при осмотре выявляемые нарушения	Применяемое оборудование	Период осмотра, сезонность
1	2	3	4
ПОДХОДЫ			
покрытия обочин откосов укрепления ограждения водосборные сооружения дорожные знаки	ровность, повреждения, просадки, наличие ямочности планировка целостность, сдвиги, просадка повреждения размыв, загрязненность наличие их на месте, чистота	рулетка молоток для обстукивания визуально визуально визуально	при отсутствии снежного покрова
ПОДМОСТОВАЯ ЗОНА			
лестничные сходы стренаправляющие дамбы состояние дна реки подпорные стенки, водотводные лотки состояние береговых откосов	наличие, целостность разрушение голов дамбы наличие размывов, оголение опор разрушение, подмыв берегов, укрепления наличие оползневых признаков (трещины в земле)	визуально визуально эхолот или отвес водомерные рейки, эхолот визуально	

1	2	3	4
пойменная часть	сужение, стеснение русла	воломерные	
отверстия моста	подмывы опор, конусов, наносы в русле, изменение отметок дна	рейки, эхолот	
подмостовые габаритные знаки, проверка исправности судовой сигнализации	наличие знаков, их окраска	визуально	
МОСТОВОЕ ПОЛОТНО			
покрытие	разрушения, трещины, неровности, по поперечный и продольный уклоны	визуально, нивелировкой, рейкой 3 м	при отсутствии снежного покрова
состояние сопряжения моста с подходами	просадки	визуально, нивелировкой	при отсутствии снежного покрова
барьерное и перильное ограждение	наличие, надежность крепления, прямолинейность	визуально	
парапетное ограждение	наличие, состояние бетона	визуально	
трогуарные блоки	трещины, щели в швах, разрушения бетона, состояние покрытия	визуально	
система водоотвода коммуникации, проложенные на мосту	наличие, чистота трубок и отверстия в парапетах надежность крепления, отрицательное воздействие на мост	визуально	
мачты освещения	исправность	визуально	

1	2	3	4
деформационные швы	общее состояние, герметичность	визуально	
ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ (железобетонные, каменные)			
балки, арки, диафрагмы, связи	повреждения бетона, его прочность, состояние арматуры, объединение балок, выявление мест увлажнения и загрязнения, заметных на глаз провисаний и деформаций	склерометр, молоток, щупы, линейки	в течение года
ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ (металлические, сталежелезобетонные)			
балки, связи	прямолинейность конструкций, коробление, вмятины, трещины, окраска	склерометр, молоток, щупы, линейки	в течение года
заклепочные и сварные швы	состояние швов, качество заклепок, болтов, коррозия		
плита	повреждения бетона, выколы, протечки		
ОПОРЫ			
оголовки и подферменники	водоотвод, застой воды, разрушения	визуально	в течение года
насадка (ригель)	то же		
тело опоры	повреждения и состояние облицовки, осадки	теодолит, нивелир, уровень, отвес	
фундамент (видимая часть)	наличие трещин, отслоений, морозных разрушений бетона	визуально, склерометр	
дно реки у опор	наличие размывов	визуально	

1	2	3	4
ОПОРНЫЕ ЧАСТИ			
оценка состояния и положения опорных частей	угол и наклон катков, загрязненность, ровность, коррозия металла, разрушение бетона валков, растрескивание, вспучивание резины в РОЧ	визуально	в течение года

В случае проведения обследований моста мостостанциями в обязанность мастера входит выполнение подготовительных работ (очистка от грязи, устройство смотровых приспособлений, выделение рабочей силы и материалов, необходимых для проведения осмотра), регулирование движения во время осмотра.

Лекция 7. Обследования инженерных сооружений. Основные повреждения

1. Задачи обследования инженерных сооружений

Обследования и испытания мостовых сооружений организуют **Федеральное дорожное агентство**, а также его подразделения – федеральные управления автомобильных дорог, которые являются, как правило, Заказчиками проведения данных работ.

Заказчиками работ по проведению обследований могут быть проектные организации при разработке проектов реконструкции, ремонта, капитального ремонта и в рамках осуществления авторского надзора за строительством и реконструкцией мостовых сооружений.

Планирование обследований существующих мостов производится на основе данных автоматизированного банка мостовых сооружений, а также сведений, получаемых при текущих и периодических осмотрах.

Обследования мостовых сооружений проводят с целью определения технического состояния, выявления дефектов, разработки рекомендаций по устранению и предупреждению возникновения дефектов, по дальнейшей эксплуатации, ремонту, реконструкции сооружений, назначения режима движения и в других целях.

Обследования являются составляющей частью надзора за мостовыми сооружениями.

Обследование включает сбор необходимой информации о мостовом сооружении в объеме, предусмотренном техническим заданием, необходимым для достижения поставленных целей. При обследовании может производиться анализ причин возникновения дефектов, установление ремонтпригодности элементов, исследоваться возможность усиления, уширения и пр.

Обследования проводятся с соблюдением нормативных документов, действующих на момент обследования, а также документов, оговоренных в техническом задании.

Основным нормативным документом, регламентирующим правила проведения работ по обследованиям мостов и труб является **СП79.13330.2012 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86.**

Обследование мостовых сооружений проводят:

- при сдаче мостовых сооружений в эксплуатацию после строительства или реконструкции;
- после выполнения работ по ремонту и капитальному ремонту;
- периодически в процессе эксплуатации для контроля состояния и планирования ремонтных работ;
- при разработке проектов ремонта, капитального ремонта или реконструкции;
- по результатам осмотров эксплуатирующих организаций.

В зависимости от поставленных целей, характера и полноты получаемых сведений, величины трудозатрат обследования мостовых сооружений удобно разделить на девять основных типов:

- 1. Периодическая диагностика эксплуатируемых мостовых сооружений** проводится через установленные промежутки времени (средняя периодичность - 1 раз в 5 лет) с целью выявления их состояния, проверки соответствия сооружений установленным требованиям и внесения изменений в банк данных. Отчетная документация - технический паспорт мостового сооружения;
- 2. Первичная диагностика новых (вновь построенных) или после реконструкции сооружений перед вводом в эксплуатацию.** Проводится с целью установления соответствия сооружения утвержденному проекту и к качеству работ и внесения параметров нового сооружения в банк данных. Отчетная документация - первичный технический паспорт мостового сооружения;
- 3. Диагностика мостовых сооружений после проведения капитального ремонта.** Проводится с целью установления соответствия выполненных работ проекту и к качеству работ и внесения параметров отремонтированного сооружения в банке данных. Отчетная документация - технический паспорт мостового сооружения;
- 4. Диагностика мостовых сооружений после проведения ремонта.** Производится с целью уточнения технического состояния сооружения после выполнения ремонтных работ, внесения этих уточнений в банк данных и корректировки технического паспорта.

Отчетная документация - уточнения в техническом паспорте мостового сооружения;

- 5. Периодическое обследование мостовых сооружений** проводится через установленные промежутки времени (средняя периодичность - 1 раз в 10 лет, а для деревянных мостов - 1 раз в 5 лет). Мостовые сооружения, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, до начала восстановительных работ следует обследовать ежегодно. Основными задачами регулярно осуществляемых периодических обследований эксплуатируемых мостовых сооружений являются оценка, контроль их состояния и проверка его соответствия установленным требованиям. Данный вид обследования может сопровождаться проведением полных или частичных испытаний. Отчетная документация - отчет о результатах обследования и технический паспорт мостового сооружения;
- 6. Первичное обследование новых (вновь построенных) или после реконструкции сооружений перед вводом в эксплуатацию.** Данный вид обследования применяется в основном для больших и внеклассных мостовых сооружений. Проводится с целью установления соответствия сооружения утвержденному проекту и качеству работ. Отчетная документация - отчет о результатах обследования и первичный технический паспорт мостового сооружения;
- 7. Обследование мостовых сооружений после проведения ремонта, капитального ремонта.** Данный вид обследования применяется в основном для больших и внеклассных мостовых сооружений и может сопровождаться проведением испытаний. Отчетная документация - отчет о результатах обследования и дополненный или исправленный технический паспорт мостового сооружения;
- 8. Предпроектное обследование.** Обязательный вид обследования перед составлением технического задания на проектирование ремонта, капитального ремонта или реконструкции мостового сооружения, проводимый с целью определения ремонтпригодности его элементов и сбора необходимой информации для разработки проекта, принятия правильной стратегии по модернизации сооружения. Данный вид обследования может сопровождаться проведением полных или частичных испытаний. При

необходимости, по техническому заданию Заказчика, в процессе предпроектного обследования могут выполняться геологические изыскания, подводные обследования, углубленное исследование конструкционных материалов и другие узкоспециализированные работы, стоимость которых определяется отдельными расчетами или договорной ценой отдельных контрактов. Отчетная документация - отчет о предпроектном обследовании;

9. Специальные внеплановые обследования, неполные обследования. Необходимость проведения, цели, задачи внеплановых и неполных обследований устанавливаются индивидуально для каждого конкретного сооружения для решения специальных вопросов, например, с целью уточнения расчетной грузоподъемности, обследования аварийных конструкций, обследования при организации пропуска сверхнормативных нагрузок по сооружению для определения возможности и условий их проезда и выявления повреждений после их прохода и т.д. Отчетная документация - заключение либо отчет о результатах обследования.

Основная задача обследования мостов и труб заключается в оценке их физического состояния и проверке соответствия его установленным требованиям.

Обследование проводят перед *испытаниями сооружений*, перед *вводом их в эксплуатацию* или *периодически во время эксплуатации*.

Обследования могут проводиться и как самостоятельный вид работ в процессе эксплуатации с целью проверки состояния сооружений.

При обследовании мостов и труб перед сдачей их в эксплуатацию основной задачей обследования является установление соответствия сооружения утвержденному проекту и требованиям к качеству выполненных работ.

Основным методическим нормативным документом при проведении обследований является **ОДМ 218.4.001-2008. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. - Росавтодор, 2008.**

При регулярных обследованиях эксплуатационных мостов и труб основное внимание обращается на выявление их состояния и его соответ-

ствии установленным требованиям. Обследования эксплуатируемых сооружений могут проводиться и для решения специальных вопросов: разработки проектов реконструкции, усиления и ремонта; уточнения расчетной грузоподъемности, надежности и долговечности и др.

Обследование эксплуатируемых мостов и труб выполняют специализированные подразделения дорожных служб, научно-исследовательских и учебных организаций. Работам по обследованию предшествует тщательное изучение технической документации. При обследовании детально осматривают все части сооружения. Если необходимо, осмотр сопровождается инструментальными измерениями. Выявленные на основании общего осмотра узлы и элементы с повреждениями или их признаками исследуют при помощи приборов и инструментов. В необходимых случаях определяют качество материала конструкций, его механические характеристики, геометрические размеры элементов и сооружения в целом. Особое внимание при обследовании мостов уделяется элементам и узлам с низкой грузоподъемностью и надежностью, элементам, в которых ранее отмечались повреждения. Для проверки положения различных частей сооружения в горизонтальной и вертикальной плоскостях производят съемку плана и профиля.

Искусственные сооружения обследуют по заранее разработанной программе, результаты обследования регистрируют в специальных журналах, в которых делают зарисовки и эскизы. Характерные повреждения фотографируют. По материалам обследований оценивают состояние и качество сооружения, пригодность к дальнейшей эксплуатации, определяют грузоподъемность и надежность, разрабатывают рекомендации по повышению надежности и долговечности, регламентируют условия эксплуатации и т. п. Если необходимо, материалы обследований дополняют данными испытаний сооружения в целом или отдельных его элементов.

2. Классификация и номенклатура работ по обследованию

Работы по обследованию и испытаниям можно разделить на две группы:

- **организационные** (подготовительно-заключительные) работы;
- **основные работы.**

К *основным работам* относятся работы, непосредственно обеспечивающие получение результатов работы (отчетной документации).

По месту проведения основные работы по обследованию и испытаниям разделяются на:

- **полевые работы**, выполняемые на мостовых сооружениях, являющихся объектом обследования в полевых условиях и (или) носящие экспедиционный характер;

- **камеральные** — работы по обработке, анализу результатов полевых работ, по подготовке отчетной документации по обследованию и пр., выполняемые в условиях стационара.

Полевые работы по обследованию и испытаниям мостовых сооружений включают следующие основные виды:

- подготовительные работы;
- обмерные работы: определение основных размеров сооружения, его конструкций и элементов, измерение габарита приближения строений, подмостового габарита, определение толщины слоёв одежды ездового полотна, измерения русла водотока (ширина, глубина) и др.;
- геодезические измерения - выявление положения сооружения и его элементов (покрытия проезжей части, пролётных строений и опор) в плане и в профиле, измерения подмостового пространства;
- осмотр видимых частей сооружения конструкций с выявлением дефектов;
- приборное и инструментальное обследование конструкций, измерение длины, глубины и ширины раскрытия трещин, прочих дефектов, проверка соответствия положения опорных частей на опорах проекту, исследование свойств материалов конструкций неразрушающими методами и др.;
- исследование фундаментов, частей опор, находящихся в грунте (тип фундамента, глубина заложения, число и длина свай, состояние подземных конструкций и др.);
- подводное обследование тела опор (состояние поверхности, наличие и размеры дефектов);
- исследования в русле водотока (наличие и размеры размывов вокруг опор, скорости течения, структура дна);
- отбор проб и кернов строительных материалов;
- проверка состояния скрытых деталей элементов конструкций путем их

обнажения;

- проведение испытаний сооружения статической и динамической нагрузкой.

В стандартных случаях в зону осмотра мостовых сооружений включают:

- сооружение на всей длине и прилегающие участки насыпи подходов длиной по 6 м от начала и конца сооружения; в случае примыкания подпорных стенок к сооружению на подходах - на всю их длину;

- ограждения безопасности на подходах длиной по 18 м от начала и конца сооружения;

- зону подмостового пространства: на пойме на ширине от сооружения по 25 м в обе стороны, в русле - на ширине 25 м выше и ниже по течению при ширине водотока до 10 м и на ширине 100 м выше и ниже по течению при ширине водотока свыше 10 м.

Камеральные работы и лабораторные работы по обследованию и испытаниям мостовых сооружений включают следующие основные виды:

- изучение и анализ технической документации на сооружение;

- разработка программы работ, программы испытаний;

- обработка данных полевых работ по обследованию и испытаниям с составлением ведомостей дефектов, фотоиллюстраций дефектов карт дефектов и т.п.;

- лабораторные испытания и исследования строительных материалов, отобранных из конструкций, грунтов, лабораторные анализы воды;

- расчетно-конструкторские работы, определение грузоподъемности сооружения;

- определение остаточного ресурса сооружения и его конструкций;

- определение износа элементов, конструкций и всего сооружения;

- анализ состояния конструкций сооружения, определение общей оценки его технического состояния, разработка технического заключения и рекомендаций по дальнейшей эксплуатации, назначение режима эксплуатации;

- при выполнении предпроектных обследований, при необходимости, производится расчетная проработка возможных технических решений по

усилению, уширению эксплуатируемого мостового сооружения;

•составление отчетной документации по результатам работы (технический паспорт, заключение, отчет).

3. Оформление результатов обследований

Результаты обследований и приемочных испытаний вновь построенных, реконструированных или отремонтированных мостов и труб оформляют в виде **заключений и научно-технических отчетов**.

Предварительные заключения по результатам обследований и испытаний вновь построенных, реконструированных или отремонтированных сооружений составляются организациями, проводящими обследования, при необходимости передачи полученных данных в сжатые сроки. Кроме того, заключения могут составляться организациями по результатам работ локального характера.

Заключения по результатам обследований и испытаний должны содержать:

- краткое описание объекта обследования и испытаний;
- перечень выполненных работ;
- ведомость дефектов;
- основные результаты работ и их краткий анализ;
- выводы о возможности пропуска нагрузок по сооружению.

Научно-технические отчеты составляют после полной обработки и анализа всех полученных материалов и данных.

Отчеты должны содержать:

- описание конструкций сооружения и необходимые сведения из проектной и другой технической документации по сооружению, использованные для обоснования выводов;
- краткое описание технологии строительства с указанием имеющихся отступлений, а также дефектов, возникших на стадии строительства;
- результаты контрольных измерений и инструментальных съемок;
- результаты осмотра сооружения с указанием состояния отдельных его частей и описанием обнаруженных дефектов и повреждений;
- ведомость дефектов и повреждений;

- результаты расчета сооружения на испытательную нагрузку;
- результаты испытаний и их сравнение с расчетными данными;
- анализ результатов обследования и испытаний с оценкой грузоподъемности и долговечности конструкций, а также безопасности движения транспорта и пешеходов;
- рекомендации по устранению обнаруженных дефектов и повреждений и по дальнейшей эксплуатации сооружения;
- выводы о состоянии сооружения и о соответствии его работы расчетным предпосылкам.

При необходимости проведения повторных обследований и испытаний (в том числе для изучения работы сооружения по истечении некоторого срока эксплуатации) или длительных наблюдений в выводах следует разместить соответствующую информацию.

В научно-технический отчет необходимо включать чертежи, схемы, фотографии и другие иллюстрационные материалы. Вспомогательные материалы, расчетные таблицы и т.п. следует приводить в приложениях.

4. Классификация повреждений

В настоящее время накоплен большой опыт эксплуатации мостов и труб при различных условиях их работы (по уровням нагруженности, по климатическим условиям, по интенсивности движения и грузонапряженности и др.) и длительности сроков службы. Этот опыт широко используется при прогнозировании характера повреждений, возникающих в процессе длительной эксплуатации, выяснении причин их появления и скорости развития; оценке влияния повреждений на грузоподъемность и долговечность, безопасность движения транспорта и т. д.

Информация, получаемая непосредственно с эксплуатируемых сооружений, наиболее достоверна, так как она комплексно отражает все процессы действительной работы конструкций, чего трудно добиться даже при самых совершенных лабораторных испытаниях. Поэтому эксплуатационная проверка сооружений всегда служит главным критерием оценки их долговечности и надежности и является важным источником для уточнения методов расчета, совершенствования методов их проектирования и технологии изготовления.

Классификацию повреждений (дефектов) мостов и труб производят по следующим признакам: по виду повреждения, степени опасности, длительности развития до опасной стадии, принадлежности к определенным частям конструкции, частоте появления (массовости).

По виду различают следующие повреждения: расстройство заклепочных и болтовых соединений; усталостные повреждения в виде трещин в элементах или полного их разрушения; коррозия; потеря местной или общей устойчивости отдельных элементов или их частей; трещины; механические повреждения; просадки; сдвиги; разрушение гидроизоляции и т. д.

По скорости развития до опасной стадии повреждения разделяют на: мгновенно развивающиеся (трещины при хрупком разрушении, потеря устойчивости и т. п.); быстро развивающиеся (например, усталостные макротрещины); постепенно развивающиеся (расстройство болтовых и заклепочных соединений, коррозия и т. п.).

По степени опасности повреждения могут быть: весьма опасные, которые с высокой вероятностью могут быстро привести к прекращению эксплуатации сооружения или его разрушению (трещины, приводящие к хрупкому разрушению; потеря устойчивости формы отдельных элементов или пролетного строения и др.); опасные, которые могут привести к серьезным нарушениям нормальной эксплуатации (например, расстройство заклепочных соединений; усталостные трещины; развитие сильной коррозии и др.); малоопасные, которые ухудшают условия работы конструкции, оказывая некоторое влияние на развитие других повреждений (например, перекося катков опорных частей).

По принадлежности к определенным частям сооружения повреждения разделяют на: повреждения балок проезжей части; главных ферм или главных балок; связей; опор; регулиционных сооружений и т. д.

По частоте появления (массовости) повреждения могут быть: массовые, имеющие очень широкое распространение; часто встречающиеся; редко встречающиеся.

Железобетонные пролетные строения

В железобетонных конструкциях могут иметь место дефекты и повреждения, возникающие на стадиях изготовления, транспортирования и монтажа:

а) технологические трещины: усадочные, образующиеся вследствие усадочных деформаций бетона при плохом уходе за его поверхностью, а также осадочные, возникающие вследствие неравномерной осадки бетонной смеси при ее уплотнении или при деформации опалубки; эти трещины имеют рваные края, резко изменяющиеся по длине раскрытия;

б) температурно-усадочные повреждения, возникающие в затвердевшем бетоне вследствие плохой тепловлажностной его обработки и обычно проявляющиеся в виде трещин с раскрытием до 0,2 мм;

в) дефекты бетонирования: раковины и каверны; места с вытекшим цементным раствором; обнажение арматуры или недостаточная толщина защитного слоя;

г) другие повреждения: сколы бетона, силовые трещины из-за непредвиденных воздействий (возникают обычно в слабо армированных местах), трещины, образовавшиеся в процессе складирования и транспортирования элементов.

При оценке технического состояния и назначении категорий дефектов следует пользоваться действующими инструкциями и рекомендациями.

Мониторинг эксплуатируемых мостов следует проводить с учетом отраслевых документов.

При действии на железобетонные конструкции нагрузок и воздействий могут возникать следующие виды трещин:

- **силовые трещины** в бетоне: поперечные в растянутых элементах и растянутых зонах изгибаемых элементов, продольные в сжатых элементах и в сжатых зонах изгибаемых элементов, косые (наклонные) в стенках балок;

- **трещины от местного действия нагрузки** в зонах установки анкеров напрягаемой арматуры, в местах опираний и в других подобных местах.

Образование и раскрытие этих трещин ограничивается расчетами по трещиностойкости, а в сжатой зоне бетона - также расчетами и по прочности.

Температурно-усадочные трещины, которые возникают в результате неравномерных по сечению деформаций от действия температуры окружающего воздуха и усадки бетона. Эти явления могут самостоятельно приводить к образованию сетки поверхностных трещин или, суммируясь с напряжениями от нагрузки, усугублять образование силовых трещин. Развитие последних в этом случае (например, в стенках балок) может

происходить в течение 5-7 лет.

Продольные трещины вдоль арматуры, возникающие из-за стесненной арматурой усадки бетона, замерзания сырого инъекционного раствора в каналах или из-за коррозии арматуры в бетоне. Эти факторы могут ускорять появление продольных трещин от обжатия бетона.

Причинами развития коррозии арматуры могут быть недостаточная толщина защитного слоя бетона, низкая плотность бетона защитного слоя и как следствие - потеря бетоном пассивирующих свойств (например, в результате карбонизации), особенно опасная в условиях агрессивного воздействия среды (чаще всего хлористых солей).

Величины раскрытия трещин в этих случаях могут быть равны примерно двойной толщине продуктов коррозии (ржавчины) на арматурном стержне или пучках стержней. В свою очередь толщина продуктов коррозии превышает толщину прокорродированного металла в 2,5-3 раза.

В конструкциях могут возникнуть повреждения, связанные с попеременным замерзанием и оттаиванием бетона во влажной среде (морозное разрушение). Такие повреждения проявляются в виде растрескивания поверхности бетона, разрыхления и последующего разрушения наружных слоев.

В случае попадания воды во внутренние полости и каверны могут наблюдаться сколы бетона, вызванные расширением замерзающей воды.

В конструкциях из-за дефектов и повреждений водоотвода и гидроизоляции наблюдаются протечки воды, сопровождающиеся высолами, т.е. появлением продуктов выщелачивания бетона на поверхностях элементов. Это явление связано с выносом водой растворимых в ней солей (выщелачивание). Могут наблюдаться также высолы, образовавшиеся на стадии строительства до укладки гидроизоляции, омоноличивания стыков и заделки различных технологических отверстий.

В клееных стыках составных по длине конструкций могут иметь место следующие дефекты:

-наличие щелей в стыке, вызванных отсутствием клея на части площади стыка, что может приводить к появлению трещин в бетоне вблизи стыка из-за концентрации напряжений;

-пластичная консистенция клея или его неоднородность, вызванная плохим перемешиванием составляющих, что может снизить сопротивление

стыка сдвигу.

При наличии силовых поперечных трещин в стыках составных по длине предварительно напряженных железобетонных конструкций (без объединения арматурных каркасов в стыках), свидетельствующих о недостаточном обжатии стыков, движение по мосту должно быть прекращено.

Стальные и сталежелезобетонные пролетные строения

При обследовании металлических конструкций мостов внешним осмотром выявляют наличие коррозии металла, а также дефекты и повреждения элементов, стыков и креплений (погнутости, вмятины, местные ослабления, трещины, разрывы, неплотности, слабые заклепки, незатянутые болты и др.). Внутренние дефекты сварных швов выявляют с помощью неразрушающих методов обследования (ультразвуковая дефектоскопия, радиографические и акустические методы).

При наличии коррозии металла непосредственными замерами устанавливают степень ослабления сечения элементов. По ослаблениям определяют также скорость протекания процессов коррозии.

Выявляют конструктивные недостатки, способствующие интенсивной коррозии из-за застоя влаги и плохого проветривания ("мешки"; недостатки водоотвода; пазухи и щели, коррозия в которых приводит к разрушению элементов, и др.).

Во всех стальных конструкциях проверяют состояние их окраски; при этом выявляют количество и качество слоев краски, сцепление краски с металлом и состояние металла под краской. Отмечают дефекты в окраске металла (недостатки шпатлевки, различные механические повреждения, трещины, пузыри, отлупы, шелушение, размягчение, потеки, пропуски и т.п.).

Трещины в металлических конструкциях (особенно в сварных, для которых развитие трещин не ограничивается отдельными элементами сечения - уголками или листами) представляют значительную опасность для сооружения. Поэтому при обследовании обращают особое внимание на обнаружение трещин, в случае их выявления выясняют причины их образования, оценивают их опасность для несущей способности, а также дают указания по срочной нейтрализации трещин (сверление отверстий по концам, перекрытие трещин накладками на высокопрочных болтах и т.п.).

Причинами образования трещин могут быть:

- а) концентрация напряжений;
- б) остаточные напряжения от сварки;
- в) усталостные явления;
- г) повышенная хладноломкость металла.

Эти причины могут проявляться самостоятельно, однако обычно имеет место влияние нескольких факторов.

Наиболее часто образование трещин происходит в местах концентрации напряжений. Поэтому при обследовании на такие места обращают особое внимание.

Концентраторами напряжений в первую очередь являются места с резким изменением сечения элементов (обрывы листов; неплавное изменение их толщины и ширины; места примыкания накладок, ребер, диафрагм и др.). Кроме того, концентрации напряжений могут способствовать необработанные концы сварных швов и различные их дефекты: непровары, несплавления по кромкам, подрезы кромок, наплывы, шлаковые включения, поры, прожоги, неразделанные кратеры, заклепочные отверстия при слабых заклепках.

Большое влияние на образование трещин оказывают остаточные напряжения сварки, которые в околошовной зоне могут достигать предела текучести стали. В связи с этим большое внимание уделяют местам, насыщенным сваркой (обваренным по контуру накладкам, узлам элементов и т.п.).

Для выявления усталостных трещин тщательно осматривают элементы, воспринимающие наибольшее количество циклов нагружения:

- места прикрепления знакопеременных раскосов, стоек и подвесок к фасонкам главных ферм;
- места прикрепления распорок поперечных связей к ребрам жесткости главных балок (особенно в железнодорожных мостах);
- горизонтальные полки уголков верхних поясов продольных балок без горизонтальных листов и горизонтальные листы верхних поясов сквозных ферм при непосредственном опирании на них мостовых брусев или плиты проезжей части;

- стенки продольных балок и уголки прикрепления их к поперечным балкам, "рыбки", концевые поперечные связи;
- элементы проезжей части с этажным расположением балок;
- ортотропные плиты в автодорожных и городских мостах.

При обследовании заклепочных соединений обращают особое внимание на заклепки в узлах и стыках главных ферм, а также на заклепки в прикреплениях элементов проезжей части.

Дефектными считаются заклепки: дрожащие при их простукивании; с неоформленными, плохо притянутыми, сбитыми, маломерными, пережженными головками; поставленные с зарубкой основного металла; поставленные в отверстиях неправильной формы.

При осмотре стальных конструкций с болтовыми соединениями следует проверять: целостность болтов, гаек и шайб; плотность прилегания накладок и болтов; наличие выхода резьбы болта над гайкой;

- расположение головки болта и гайки под углом к плоскости соединяемых элементов.

При выявлении неплотностей или утоплении резьбы болта во фрикционных соединениях следует выборочно проверить натяжение болта.

В болтах-шарнирах проверяют наличие приспособлений, предупреждающих развинчивание гаек при прохождении нагрузки (стопорных винтов, контргаек и т.п.).

При обследовании сталежелезобетонных пролетных строений (особенно со сборной плитой проезжей части) уделяют внимание качеству омоноличивания плиты с упорами балок (ферм), а также состоянию сопряжения плиты с металлической конструкцией, особенно на концевых участках. Состояние плит проверяется в соответствии с указаниями А.1-А.8 настоящего приложения.

В мостах висячих и вантовых систем уделяют внимание состоянию вант и подвесок, узлов крепления подвесок к несущим кабелям и к балке жесткости, соединительных муфт подвесок и их резьбы, узлов прикрепления кабелей (вант) к пилонам, опорных частей пилонов и анкерных конструкций на концах оттяжек (во внешне распорных системах).

В разводных пролетных строениях обращают внимание на исправность устройств наведения и разведения пролета, а также на наличие и исправность

средств сигнализации и других устройств, обеспечивающих безопасность движения поездов, автотранспорта и пешеходов по мосту.

Опоры и фундаменты

В опорах выявляют дефекты, характерные для материала, из которого выполнены опоры (они аналогичны дефектам пролетных строений, выполненных из соответствующих материалов), а также дефекты и повреждения, обусловленные особенностями конструкций, возведения и работы опор:

- трещины и сколы в местах опирания конструкций;
 - нарушения целостности опор;
 - температурно-усадочные трещины в массивных частях опор;
 - нарушение целостности облицовки, дефекты в заполнении швов между блоками сборно-монолитных конструкций и блоками каменной облицовки массивных опор;
 - трещины в конструкциях, выполненных из железобетонных оболочек или объемных блоков;
 - истирание и другие механические повреждения конструкций в зонах воздействия ледохода, карчехода и донных наносов;
 - повреждения конструкций в зоне переменного уровня воды, вызванные климатическими факторами и воздействием воды;
 - повреждения конструкций, вызванные навалами судов и наездами транспорта;
- образование пустот внутри массивных частей опор из-за вымывания бетона.

Уточнение состояния (сплошности) бетона внутренней части опор допускается осуществлять с использованием неразрушающих методов контроля (например, ультразвукового по ГОСТ 17624).

Основным источником получения сведений о состоянии оснований и фундаментов опор является техническая документация, при ознакомлении с которой уделяют внимание правильности производства работ при сложных технологических процессах (погружение свай с подмывом, подводное бетонирование и др.).

Для уточнения состояния оснований и фундаментов опор используют

статическое или динамическое зондирование по ГОСТ 19912, бурение скважин и шурфование. Допускается определять параметры фундаментов (глубину заложения, толщину ростверка и т.д.) неразрушающими методами: ультразвуковым, сейсмоакустическим и др.

Кроме того, данные о состоянии оснований и фундаментов могут быть получены на основании анализа общих деформаций опор, определяемых по их просадкам и наклонам, размерам зазоров в деформационных швах, смещениям подвижных опорных частей, а также на основании анализа результатов съемок русла реки.

При расположении опоры, имеющей высокий свайный ростверк, в русле реки состояние свай (столбов) следует определять с помощью подводного обследования с обязательной фотофиксацией дефектов под контролем руководителя работ организации, выполняющей обследование.

При расположении русловых опор на реках с сильным течением, где невозможно выполнение подводного обследования, допускается проводить обследование подводной части фундамента опоры в зимнее время путем намораживания льда.

В фундаментах опор выявляют дефекты, характерные для материала, из которого выполнены фундаменты, а также дефекты и повреждения, обусловленные особенностями их конструкций, возведения и работы:

- размывы вокруг фундамента больше расчетного;
- подмыв фундаментов опор;
- смещение в плане и осадка фундаментов;
- морозное разрушение бетона фундамента в уровне переменных вод;
- вымывание бетона ниже уровня меженных вод;
- разрушение свайного ростверка с нарушением связи с частью свай;
- дефекты в стыке между фундаментом (ростверком) и телом опоры;
- трещины в конструкциях железобетонных ростверков и бетонных фундаментов;
- повреждение свай вследствие коррозии и механических воздействий в зонах воздействия ледохода, карчехода и донных наносов;
- загнивание древесины деревянных свай и ряжей;
- повреждения фундаментов, вызванные навалами судов.

Опорные части

При обследовании стальных (в том числе с железобетонными валками) опорных частей с помощью внешнего осмотра и измерений проверяют:

- правильность положения подвижных элементов с учетом температуры и обеспеченность расчетных температурных перемещений пролетных строений (как линейных, так и угловых);
- состояние поверхностей катания подвижных опорных частей, наличие смазки;
- равномерность взаимного опирания всех элементов опорных частей и прилегающих к ним конструкций опор и пролетных строений;
- надежность прикрепления балансиров (подушек) к соответствующим элементам опор и пролетных строений;
- состояние защитного лакокрасочного покрытия;
- состояние стопорных и противоугонных элементов, а также защитных кожухов.

При обследовании резиновых опорных частей устанавливают:

- остаточный срок службы опорных частей;
- наличие дефектов - трещин в резине, деформаций, свидетельствующих о нарушении крепления резины к стальным армирующим листам (выдавливания резины по всей площади торцевой поверхности и выдавливания в виде отдельных, бессистемно расположенных валиков или пузырей);
- отсутствие зазоров между опорной частью и опорными площадками балок и подферменников, а также заглабления опорных частей в бетон подферменников;
- правильность положения опорных частей с учетом температуры и обеспеченность расчетных температурных перемещений пролетных строений.

При осмотре стальных опорных частей из полимерных материалов проверяют параллельность нижней и верхней плит, правильность ориентации подвижных элементов относительно направления перемещений, состояние защитного лакокрасочного покрытия наружных поверхностей, наличие и состояние шкал и указателей перемещений, а также состояние защитных

чехлов и кожухов.

При обследовании опорных частей всех типов обращают внимание на состояние прилегающих конструкций опор и пролетных строений с точки зрения наличия в них повреждений, связанных с дефектами или неправильной установкой опорных частей (сколов бетона и трещин в нем, отсутствия зазоров для температурных перемещений и др.).

При наличии продольно-подвижных опираний (разрывов) продольных балок в железнодорожных мостах проверяют обеспеченность свободы продольных перемещений концов балок, плотность опирания концов и невозможность поднятия опираемого конца относительно поддерживающего.

Мостовое полотно, верхнее строение пути и эксплуатационные устройства

При обследовании мостового полотна автодорожных и городских мостов выявляют:

- наличие и величины продольных и поперечных уклонов покрытия проезжей части и тротуаров;
- толщину слоев мостового полотна, главным образом покрытия и защитного слоя гидроизоляции в пределах проезжей части;
- наличие дефектов и повреждений: в покрытии проезжей части - трещин, выбоин, местных неровностей (особенно около деформационных швов); в конструкциях тротуаров, бордюрах, ограждающих устройствах и в перилах.

Особое внимание в автодорожных и городских мостах уделяют состоянию водоотвода и гидроизоляции. С этой целью оценивают достаточность и правильность функционирования водоотводных устройств, а также оценивают обеспеченность отвода воды за пределы моста.

Состояние гидроизоляции оценивают по отсутствию (или наличию) протекания воды или следов ее протекания, высолов бетона, потеков ржавчины. В необходимых случаях для проверки состояния гидроизоляции производят выборочное вскрытие покрытия, защитного слоя или балласта.

При осмотре конструкций деформационных швов в автодорожных и городских мостах устанавливают обеспеченность свободного перемещения концов пролетных строений от воздействия температуры и временных нагрузок, а также плавность сопряжения конструктивных элементов швов с

покрытием проезжей части.

В швах закрытого и заполненного типов проверяют герметичность швов, наличие и состояние металлических компенсаторов, состояние мастичного заполнения, резиновых вкладышей или закрывающего зазор асфальтобетона.

В швах перекрытого типа определяют состояние перекрывающих элементов (листов, гребенчатых или откатных плит), элементов окаймления и надежность их анкеровки, наличие и состояние водоотводных лотков.

В железнодорожных мостах при обследовании верхнего строения пути особое внимание обращается на следующие характеристики:

- состояние щебеночного балласта (чистота, толщина под шпалой, ширина, форма, однородность на мосту и подходах, просадки, выступание верхней постели шпал над поверхностью балласта);
- наличие и состояние шпал и мостовых брусьев;
- состояние рельсов и рельсовых скреплений;
- наличие и правильность установки противоугонов и контруголков;
- состояние и прикрепление к пролетному строению плит БМП.

На всех мостах проверяют надежность крепления перил, ограждающих устройств, бордюров, мачт освещения, мачт и кронштейнов контактных сетей электрифицированного транспорта, знаков судовой и иной сигнализации.

При осмотре проверяют состояние смотровых приспособлений, площадок-убежищ, противопожарного оборудования, элементов заземления и прочих эксплуатационных обустройств.

При наличии на мосту разрешенных проектом коммуникаций (линий связи, теплофикации, водопровода, ливневых коллекторов и др.) проверяют соответствие проекту конструкций их прикрепления к элементам моста, а также выявляют возможное отрицательное влияние коммуникаций на условия эксплуатации моста (повышение влажности, увеличение загрязненности, ограничение доступа к элементам В пролетных строениях коробчатого сечения обращают внимание на наличие отверстий для спуска жидкостей при аварии коммуникаций и на условия проветривания замкнутых конструкций.

Подмостовая зона и подходы к мостам

При обследовании подмостовой зоны с помощью осмотра, измерений, съемок и опроса работников служб эксплуатации устанавливают:

а) на больших и средних мостах:

- состояние подмостового русла, пойменных участков, берегов, берегоукрепительных и регулиционных сооружений;

- изменение положения главного русла по отношению к опорам;

- образование новых протоков и островов (по сравнению с проектом или предшествовавшим обследованием);

- наличие посторонних предметов и остатков сооружений, создающих дополнительное стеснение русла или поймы;

- наличие размывов русла вблизи опор;

б) на малых мостах:

- состояние подмостовой, подходной и отводящей частей русла и его укреплений;

- засорение и заиленность отверстия моста;

в) на всех мостах:

- характер отрицательного воздействия сооружений мостового перехода на окружающую среду (подтопление подпорными водами, заболачивание и занос сельскохозяйственных и лесных угодий, образование оползней, оврагов и т.п.);

г) на путепроводах:

- состояние и ровность покрытия пересекаемой дороги, а также наличие и состояние ограждающих устройств на ней;

- достаточность установленных габаритов проезда под путепроводом, а также наличие и правильность установки соответствующих дорожных знаков;

д) на эстакадах и эстакадных частях мостов:

- характер вредных для сооружения последствий деятельности учреждений и предприятий, расположенных в подэстакадных помещениях (например, вибрационные и ударные воздействия, создание агрессивной среды и среды с высокой влажностью воздуха и т.п.).

При осмотре подходов к мостам устанавливают: состояние насыпей, обочин, берм, откосов и их укреплений; наличие подмывов насыпи и фильтрации воды через нее; состояние и ровность дорожного покрытия (особенно в местах сопряжений с мостом); эффективность работы переходных плит; правильность укладки рельсового пути и охранных приспособлений; обеспеченность закрепления пути от угона; наличие и состояние водоотводных устройств; наличие, состояние и надежность закрепления ограждающих устройств (бордюров, надолб, парапетов, подпорных стенок и т.д.), лестничных сходов, дорожных знаков; правильность нанесения горизонтальной и вертикальной дорожной разметки.

5. Классификация дефектов

Требуемое состояние сооружения определяется комплексом нормируемых значений основных показателей, характеризующих способность обеспечивать безопасную и длительную работу в заданных режимах под эксплуатационными нагрузками с разрешенными на данном участке дороги скоростями движения.

Для правильной оценки технического состояния мостового сооружения все имеющиеся дефекты классифицируются. При массовом характере дефектов однотипные дефекты могут объединяться и классифицироваться группами.

При классификации дефектов по категориям следует оценивать степень влияния дефекта на основные показатели сооружения, а также сложность их устранения, при этом учитываются следующие основные факторы:

- размеры дефекта;
- количество, массовость дефектов;
- время образования дефекта;
- причина возникновения дефекта;
- влияние дефекта на повреждение и развитие других дефектов в данном элементе или дефектов в других элементах или конструкциях;
- скорость развития дефекта;
- опасность дефекта;
- изменение степени влияния дефекта на основные параметры сооружения при дальнейшем развитии дефекта;

- техническая возможность или экономическая целесообразность ремонта элемента или конструкции, к которой относится дефект;
- возможные методы устранения дефекта.

Каждому дефекту или группе однотипных дефектов присваиваются категории по степени влияния на основные показатели (балльные оценки в виде цифровых индексов) по безопасности, остаточному ресурсу и грузоподъемности, состоящие из буквенного и цифрового индексов согласно отраслевым нормативным документам, например, Б2, Д3, Г1.

Буквенные индексы Б, Д, Г показывают, на какие основные показатели мостового сооружения оказывает влияние данный дефект или группа дефектов:

Б — на безопасность движения;

Г - на грузоподъемность;

Д — на остаточный ресурс.

Если один и тот же дефект оказывает влияние сразу на два или три показателя мостового сооружения, то в этом случае дефекту присваиваются категории по каждому этому показателю.

Цифровой индекс после буквенных индексов Б, Д и Г указывает на степень опасности дефекта, степень влияния дефекта на основные показатели. Все возможные дефекты согласно ГОСТ 15467 подразделяются на **малозначительные, значительные и критические**.

При анализе состояния мостовых сооружений целесообразно выделить еще две категории — **несущественные дефекты и опасные дефекты**.

Такое пятиуровневое разделение целесообразно для оптимальной детальности оценки степени влияния каждого рассматриваемого дефекта на потребительские свойства, режим и условия эксплуатации сооружения:

О — **несущественный дефект** (БО. ДО. ГО). К этой категории относятся дефекты, наличие которых следует зафиксировать, но при существующей степени развития их наличие либо допускается нормами (например, трещины раскрытием до 0,2 мм в растянутой зоне железобетонных элементов), либо степень их развития такова, что отклонение от нормы укладывается в допустимые границы (например, высота перил 1,08 м, вместо 1,10 м).

Каких-либо специальных мероприятий по устранению этих дефектов

проводить не требуется.

1 - *малозначительный дефект* (Л1. Г1). К этой категории относятся дефекты, которые нормами не допускаются, и они подлежат устранению, однако они в настоящее время не влияют на основные транспортно-эксплуатационные показатели мостового сооружения. Их негативное влияние на транспортно-эксплуатационные показатели может сказаться в перспективе. При отсутствии более значимых дефектов сооружение может считаться исправным.

2 - *значительный дефект* (Б2. Д2. Г2У). К этой категории относятся дефекты, которые негативно влияют на основные транспортно-эксплуатационные показатели мостового сооружения, но не представляют непосредственной опасности при эксплуатации сооружения. Устранение таких дефектов может выполняться в плановом порядке. При наличии дефектов категорий Б2, Г2, как правило, рекомендуется введение ограничений движения.

3 - *опасный дефект* (Б3. Д3. Г3У). К этой категории относятся дефекты, которые в значительной степени снижают основные транспортно-эксплуатационные показатели мостового сооружения, но не являются критическими. Устранение таких дефектов выполняется в срочном порядке.

При наличии дефектов категорий Б3, Г3 требуется введение существенных ограничений движения.

4 - *критический дефект* (Б4. Д4. Г4). К этой категории относятся дефекты, создающие угрозу обрушения конструкций, потери несущей способности отдельных элементов и др., при наличии которых эксплуатация мостового сооружения либо невозможна без введения жестких ограничений, например, закрытие движения по полосам, запрещение движения грузовому транспорту, либо вовсе недопустима.

Общие критерии, по которым дефекты относят к той или иной категории, приведены в **ОДМ 218.4.001-2008. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. - Росавтодор, 2008.**

При определении категории дефектов следует обязательно рассматривать и оценивать их совокупное влияние как на отдельные конструктивные элементы, так и на сооружение в целом, и исходя из этого назначать категорию обнаруженных при обследовании дефектов.

При назначении категорий дефектов следует учитывать техническую возможность или экономическую целесообразность устранения дефекта, необходимость проектной проработки для его устранения, сложность ремонта элемента или конструкции. Согласно ГОСТ 15467, дефекты подразделяются на **устраняемые** и **неустраняемые**, поэтому каждому дефекту или группе однотипных дефектов целесообразно присвоить категорию по ремонтпригодности, состоящую также из буквенного и цифрового индекса, например Р2.

Для удобства практического использования категорию дефекта по ремонтпригодности — Р — целесообразно назначать с учетом **Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог**.

Р1 - к этой категории относятся легко устраняемые дефекты, связанные, как правило, с недостатками текущего содержания. Работы по устранению данных дефектов входят в состав работ по содержанию.

Р2 — к этой категории относятся дефекты, устранение которых может быть выполнено на основании ведомостей дефектов и смет, без специальной проектной проработки, но работы по их устранению не входят в состав нормативных работ по содержанию. Устранение таких дефектов выполняется в рамках сверхнормативного содержания или при ремонте;

Р3 — к этой категории относятся дефекты, устранение которых затруднительно, например, требуются опалубочные работы, подмащивание, замена отдельных деталей или частей элемента, выполнение усиления и тд.

Устранение таких дефектов требует предварительной проектной проработки и выполняется в ходе ремонта или капитального ремонта;

Р4—к этой категории относятся неустраняемые дефекты, то есть такие дефекты, устранение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно. Для приведения сооружения в исправное состояние требуется замена конструкции, в которой имеются эти дефекты. Устранение таких дефектов рекомендуется выполнять по специальному проекту, предусматривающему замену дефектной конструкции.

Устранимость или неустранимость дефекта определяют применительно к рассматриваемым конкретным условиям с учетом необходимых затрат на устранение и других факторов. Неустраняемые дефекты могут переходить в категорию устраняемых в связи с усовершенствованием технологий ремонта и

снижением затрат на исправление.

Каждому дефекту присваивают как минимум одну категорию по влиянию на один из трех показателей - безопасность, остаточный срок службы и грузоподъемность, - а также категорию по ремонтпригодности, например, Б2 и Р3 или Г3 и Р4.

Каждый конкретный дефект приписывается к тому элементу или детали элемента конструкции, к которому он относится. Все дефекты или группы дефектов заносятся в ведомость дефектов с указанием индексов.

Лекция 8. Испытания инженерных сооружений

1. Методы испытания строительных конструкций зданий и сооружений

Выделяют несколько методов испытаний строительных конструкций.

Испытания конструкций можно разделить *по назначению, характеру внешних воздействий, видам испытаний и теоретической схеме*.

Рассмотрим каждый из методов более подробно.

По назначению испытания конструкций подразделяются на:

- испытания вновь построенных сооружений или изготовленных конструкций с целью проверки их соответствия проектным и нормативным требованиям в отношении несущей способности, жесткости, трещиностойкости и возможности приемки в эксплуатацию;
- испытания эксплуатируемых сооружений с целью выявления фактической несущей способности, жесткости и трещиностойкости для заключения о работоспособности или в связи с усилением;
- испытания строительных конструкций, связанные с научными исследованиями, которые являются, как правило, составной частью экспериментально-теоретических исследований;
- испытания опытных строительных конструкций перед внедрением их в массовое производство;
- испытания периодически отбираемых образцов конструкций, которые выпускаются на заводах в больших количествах, с целью проверки качества применяемых материалов и выполнения правил по изготовлению конструкций.

Имеются следующие **виды испытаний конструкций**:

- **натурные испытания** (выполняются в процессе строительства, после возведения и во время эксплуатации);
- **испытания моделей**. Этот вид занимает важное место при создании новых конструкций и сооружений;
- **лабораторные испытания** образцов материалов.

По теоретической схеме испытание конструкций можно подразделить на:

- линейные (растяжение, сжатие);
- плоские (изгиб);
- пространственные.

По характеру внешних воздействий испытания строительных конструкций различаются на:

- **испытания статической нагрузкой** (В этом случае конструкции загружаются неподвижными нагрузками в определенном порядке с нарастающим увеличением этих нагрузок);
- **испытания динамической нагрузкой** (Динамические испытания проводят при переменных или пульсирующих (вибрационных) нагрузках, создаваемых с помощью специальных вибромашин, перемещающихся грузов или ударных нагрузок).

Основными задачами испытания конструкций и сооружений динамической нагрузкой являются:

- определение динамических характеристик эксплуатационных нагрузок (их значения, направления, частоты);
- выявление основных динамических характеристик: амплитуды колебаний, частоты, ускорения, формы вынужденного колебания и динамического коэффициента при работе конструкций на эксплуатационные нагрузки;
- влияние динамической нагрузки на прочность, жесткость и трещиностойкость конструкции;
- возможность установки на конструкцию агрегатов с динамическими нагрузками;
- влияние динамической нагрузки на нормальные эксплуатационные условия сооружений и на ход технологического процесса;
- влияние физиологического воздействия вибрации сооружения на организм человека.

Для получения отмеченных динамических характеристик при испытании и обследовании конструкций используются три основных вида динамических нагрузок:

- неподвижная вибрационная нагрузка, создаваемая работой механизмов и агрегатов с неуравновешенными массами (различные станки,

вентиляторы, стационарные двигатели или специальные возбудители вынужденных колебаний — вибростенды и вибромашины);

- ударная нагрузка, передаваемая на конструкцию через песчаную подушку при падении специальных грузов массой, равной 0,1 % от массы конструкции с высоты 2—2,5 м; возможно также создание ударной нагрузки при резком удалении груза, подвешенного на конструкцию с нижней стороны;

- подвижная вибродинамическая нагрузка (мостовые краны, различные транспортные средств, конвейеры и т. д.).

Параметры колебаний или динамические характеристики определяются по специальным графикам — виброграммам, получаемым с помощью регистрирующих приборов.

Динамические испытания могут проводиться для конструкций, эксплуатируемых при статических и динамических нагрузках.

В первом случае динамические испытания строительных конструкций в режиме собственных или вынужденных колебаний позволяют по полученным характеристикам — частоте и декременту колебаний — косвенно судить об основных показателях качества железобетонных конструкций — прочности, жесткости, трещиностойкости. Оценка этих показателей производится на основе градуировочных зависимостей, полученных по результатам серии испытаний аналогичных конструкций статической нагрузкой и неразрушающими методами.

В том случае, когда конструкция не удовлетворяет условиям прочности или резонирует, необходимо принять соответствующие меры, которые выбирают в зависимости от технической и экономической эффективности: изменение жесткости конструкции, положения агрегата на конструкции, числа оборотов и т. д.

Оценка параметров вибрации проводится на основе сравнения их с предельно допустимыми из условия обеспечения нормальной жизнедеятельности людей и работы технологического оборудования.

Если замеренные параметры окажутся выше допустимых, то необходимо разработать инженерное решение по снижению отрицательных воздействий указанных колебаний.

При испытании строительных конструкций могут быть поставлены следующие задачи:

- определение несущей способности конструкции;
- определение напряженного состояния;
- определение действительных деформаций;
- изучение работы новой конструкции;
- установление влияния дефектов и отступлений от проекта на действительную работу сооружения;
- изучение работы существующей конструкции с целью выявления объемов усиления при реконструкции или ремонте;
- разработка методов расчета;
- установление расчетной схемы или скрытых резервов прочности.

2. Организация проведения испытаний мостов и труб

Под испытанием сооружений в целом понимают совокупность операций, связанных с выявлением и проверкой состояния и работоспособности обследуемых инженерных сооружений или отдельных их элементов.

Результаты испытаний дают возможность оценить надежность принятых методов расчета и конструирования, а также правильность технологии изготовления и эксплуатации конструкции или сооружения в целом. Это важно не только для новых прогрессивных конструкций, работа которых еще недостаточно изучена, но и для сооружений, находящихся длительное время в эксплуатации.

Основным нормативным документом, регламентирующим правила проведения работ по обследованию и испытаниям мостов и труб является **СП 79.13330.2012 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний**. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86 (с Изменениями N 1, 3).

Мосты испытывают:

- при приемке новых сооружений в постоянную или временную эксплуатацию с целью установления их действительной грузоподъемности и регистрации типовых характеристик: прогибов, перемещений опорных

частей, периодов и амплитуд вертикальных и горизонтальных колебаний пролетных строений, напряженного состояния в наиболее характерных зонах и т. п. Эти данные сопоставляют с расчетными, а в дальнейшем — с результатами последующих испытаний для выявления изменений, происшедших в процессе эксплуатации сооружений;

- при необходимости уточнения расчетов грузоподъемности сложных систем эксплуатируемых мостов или мостов, запроектированных под особые виды нагрузок;

- после реконструкции или усиления, для оценки его эффективности;

- периодически в процессе эксплуатации для выяснения изменений в работе конструкции;

- в специальных случаях с целью накопления данных для уточнения расчетов мостовых конструкций, решения отдельных задач и проведения научно-исследовательских работ.

Испытания мостов и труб проводят с целью контроля их напряженно-деформированного состояния, выявления особенностей работы и соответствия их проектным параметрам и расчетам.

Различают следующие виды испытаний: **статические, динамические и обкатка.**

До начала испытаний или обкатки должно быть проведено обследование сооружения в объеме, позволяющем:

- установить возможность загрузки сооружения испытательной нагрузкой (отсутствие недоделок, снижающих несущую способность сооружения, препятствий на пути передвижения нагрузки и др.);

- определить предельно допустимую величину испытательной нагрузки (с учетом норм проектирования и имеющихся в конструкциях дефектов и повреждений);

- зафиксировать состояние сооружения для возможности выявления изменений, произошедших в результате проведенных загрузок;

- наметить условия движения нагрузки при динамических испытаниях (с учетом плана и профиля пути,

- наличия и расположения на проезде неровностей и др.).

Работы по обследованиям и испытаниям мостов и труб должны

выполняться специализированными организациями, независимыми от проектных и строительных организаций, обеспеченными необходимым контрольно-измерительным оборудованием и квалифицированными специалистами.

Обследования и испытания мостов и труб следует проводить по предварительно разработанным программам, составленным исполнителями работ с учетом предложений заинтересованных организаций.

Программы обследований и испытаний мостов и труб, должны быть согласованы с заказчиком и утверждены руководителем организации-исполнителя работ. Программы обследований и испытаний мостов и труб, впервые принимаемых в эксплуатацию или принимаемых в эксплуатацию после проведения реконструкции, согласовываются с организацией, разработавшей проект.

Программы для мостов, принимаемых в эксплуатацию, должны быть согласованы с заказчиком и проектной организацией и утверждены руководителем организации - исполнителя работ.

В программах должны быть отражены общая цель и основные задачи предпринимаемых работ, приведены содержание и объемы работ по обследованию, намечены конструкции и их элементы (сечения), подвергаемые исследованию при испытаниях, указаны нагрузки для статических и динамических испытаний, определены виды и состав отчетных технических документов.

Положения программ в части определения величины испытательной нагрузки и намечаемых схем загрузжений следует разрабатывать на основании расчетного анализа с учетом дефектов и повреждений несущей конструкции.

При наличии на мосту нескольких одинаковых конструкций (пролетных строений, опор), испытания в полном объеме допускается проводить на одной из конструкций. Остальные конструкции могут подвергаться (выборочно) менее подробным испытаниям (измерение прогибов).

Руководитель работ может, учитывая особенности объекта, а также местные условия, конкретизировать и дополнить отдельные положения предварительно разработанной программы: наметить проведение отдельных дополнительных видов работ, определить состав и объем подготовительных

работ, уточнить степень подробности осмотра конструкций и объем контрольных измерений, уточнить места установки измерительных приборов и схемы загрузки моста испытательной нагрузкой, наметить наиболее рациональный порядок загрузки моста при испытаниях. Уточнения и дополнения должны быть согласованы с заказчиком.

По целям, объемам и методам проведения испытания мостов можно подразделить на два основных вида:

- приемочные испытания новых или реконструированных сооружений;
- испытания эксплуатируемых сооружений.

Испытаниям при приемке в эксплуатацию следует подвергать мосты с впервые применяемыми конструкциями, технологиями и материалами; мосты сложных статически неопределимых систем (в том числе вантовые и висячие); совмещенные и разводные мосты; стальные мосты - с пролетами свыше 100 м, сталежелезобетонные мосты - с пролетами свыше 60 м, железобетонные мосты - с пролетами свыше 50 м; пешеходные мосты; мосты и трубы из композитных материалов.

Испытания других вводимых в эксплуатацию мостов (имеющих большую повторяемость основных несущих элементов, а также при возникновении в процессе обследований опасений за надежность конструкций и т.д.) проводят по решениям приемочных комиссий, по требованиям проектных и эксплуатирующих организаций.

Необходимость проведения испытаний в этих случаях должна быть обоснована.

Испытания эксплуатируемых сооружений следует проводить в случаях, когда грузоподъемность сооружения не может быть определена по результатам обследования.

Необходимость проведения испытаний обосновывает организация, выполняющая обследование. Решение о проведении испытаний принимает организация, осуществляющая эксплуатацию сооружения, по результатам проведенного обследования.

Вводимые в эксплуатацию и не подвергаемые испытаниям железнодорожные мосты, мосты под пути метрополитена, автодорожные мосты под нагрузки АБ (см. СП 35.13330) должны быть **обкатаны**.

Перед проведением испытаний руководителем работ должны быть

разработаны и переданы организациям-исполнителям перечни мероприятий по обеспечению безопасного проведения испытаний, а также движения транспортных средств и пешеходов на участках дороги, примыкающих к мосту.

Если во время работ, связанных с проведением испытаний, движение по мосту полностью не прекращается, то должны быть предусмотрены меры по обеспечению безопасности движения транспортных средств в стесненных условиях и по перекрытию движения на периоды снятия показаний приборов.

В случаях, когда показания по установленным измерительным приборам превышают предполагаемые расчетные значения, а также при обнаружении неожиданных изменений в состоянии конструкции (например, при возникновении трещин и выпучиваний в стальных элементах и их соединениях, при появлении признаков выкалывания или раздробления бетона в железобетонных элементах и др.) по решению руководителя работ испытания должны быть прекращены и испытательная нагрузка удалена за пределы испытываемой конструкции.

Дальнейшие испытания могут проводиться только после тщательного обследования состояния конструкций, выяснения причин возникших явлений и оценки их опасности, что должно быть зафиксировано в акте, подписанном компетентными представителями заказчика, проектной организации и организации, проводящей испытания.

Статические испытания

В процессе статических испытаний измеряются параметры напряженно-деформированного состояния в характерных сечениях конструкций.

В процессе статических испытаний следует измерять:

- общие перемещения и деформации сооружения и его частей (пролетных строений, опор и т.д.);
- относительные деформации, характеризующие напряжения;
- местные деформации (раскрытие трещин и швов, смещения в соединениях и т.п.).

Кроме того, в зависимости от вида конструкций и их состояния и в соответствии с задачами испытаний, могут производиться измерения угловых и взаимных перемещений частей сооружения, усилий в элементах

(вантах, шпренгелях) и т.п.

В качестве нагрузки при статических испытаниях мостов под рельсовый транспорт следует использовать: локомотивы и подвижной состав железных дорог, поезда метрополитена и трамвая; под нагрузку АБ - автомобили особо большой грузоподъемности; под нагрузку АК - как правило, трех- и четырехосные автомобили полной массой 20-35 т. Пешеходные мосты загружают штучными грузами (блоками, мешками с песком и т.д.) или группами людей.

В некоторых случаях (например, при испытании отдельных элементов моста, при определении жесткости конструкции и др.) нагрузка при испытаниях может быть создана домкратами, лебедками, отдельными грузами с фиксацией создаваемых усилий.

Усилия, возникающие в несущих элементах автодорожных и городских мостов от испытательной нагрузки, должны зависеть от величины усилий, создаваемых нормативной автомобильной нагрузкой, принятой в проекте, с учетом коэффициента надежности по нагрузке, равного единице, и динамического коэффициента не более:

- при приемочных испытаниях: для металлических и композитных мостов - 90%, для железобетонных и сталежелезобетонных мостов - 80%;

- при испытаниях эксплуатируемых мостов, рассчитанных по предельным состояниям, - 80%, по допускаемым напряжениям - 100%.

Усилия от испытательной нагрузки должны быть не менее:

- в элементах автодорожных и городских мостов - 60% усилий от принятой в проекте нормативной нагрузки с учетом динамического коэффициента;

- в элементах мостов под рельсовый и большегрузный транспорт - усилий от наиболее тяжелой обращающейся нагрузки.

Статические испытания пешеходных мостов допускается проводить путем построения экспериментальных линий влияния измеряемых параметров.

Динамические испытания

Динамические испытания проводят в следующих целях:

- выявление величин динамических воздействий, создаваемых реальными подвижными нагрузками;

- определение основных динамических характеристик сооружения - периодов и форм собственных колебаний, характеристик декремента затухания колебаний.

Динамические коэффициенты для пешеходных мостов не определяются.

Для испытаний с целью выявления величин динамических воздействий, создаваемых подвижными нагрузками, следует использовать тяжелые нагрузки, которые могут реально обращаться по сооружению и способны при имеющихся неровностях пути или проезжей части вызывать появление в конструкциях колебаний, ударных воздействий, местных перегрузок и др.

Для определения динамических характеристик сооружений следует использовать подвижные, ударные, вибрационные, ветровые и другие нагрузки, способные вызвать появление устойчивых колебаний (в том числе свободных).

При динамических испытаниях пешеходных мостов возбуждение собственных колебаний конструкций следует производить посредством раскачки, сбрасывания грузов, движения (ходьбы и прыжков) по мосту отдельных пешеходов или групп их и т.д.

Места приложения возмущающих нагрузок, а также места измерения следует выбирать с учетом ожидаемых видов и форм колебаний.

При возбуждении колебаний конструкции посредством ударов падающих грузов должны быть приняты меры, предохраняющие конструкцию от местных повреждений (устройство песчаных подушек, распределительного настила и т.п.).

При испытаниях автодорожных и городских мостов в необходимых случаях (например, для выявления динамических характеристик сооружения, для оценки влияния неровностей, возможных на проезжей части и др.) динамическое воздействие подвижной нагрузки может быть усилено применением искусственных неровностей: порожков высотой 4-5 см, выполненных из досок и уложенных поперек проезда.

При динамических испытаниях сооружения временной подвижной нагрузкой заезды следует выполнять с различными скоростями, что позволяет выявить характер работы сооружения в диапазоне возможных скоростей движения нагрузки.

Скорости движения нагрузки во время заездов, а также количество заездов с той или иной скоростью в каждом конкретном случае устанавливает руководитель работ.

Динамические испытания следует проводить с использованием электронных измерительных систем с записью показаний электронных измерительных приборов в течение времени, достаточного для получения устойчивых диаграмм колебаний и возможности их анализа.

Обкатка

Обкатку моста производят с целью оценки поведения конструкций под воздействием наиболее тяжелых эксплуатационных нагрузок, обращающихся на данной линии или дороге, взамен подробных статических и динамических испытаний.

Обкатку железнодорожных мостов и мостов под пути метрополитена производят тяжелыми поездами, а обкатку мостов, запроектированных под автомобильную нагрузку АБ, - тяжелыми автомобилями.

При обкатке проводят визуальные наблюдения за состоянием конструкции, а также, при необходимости, выполняют измерения прогибов в серединах пролетов, в том числе, простейшими средствами (например, нивелированием).

При обкатке мостов, запроектированных под автомобильные нагрузки АБ и имеющих две или более полос движения, на одну из крайних полос в пределах обкатываемой конструкции устанавливают колонну автомобилей с расстояниями между задними и передними осями соседних автомобилей 10 м. По другой свободной полосе осуществляют движение одиночных автомобилей со скоростью 10-40 км/ч. Количество проездов принимают, как правило, не менее пяти.

После визуального осмотра сооружения колонну автомобилей устанавливают на другую крайнюю полосу, а движение одиночных автомобилей производят по освободившейся полосе.

При обкатке однополосных мостов используют только проезд одиночных автомобилей.

Лекция 9. Измерение напряжений и различных характеристик при испытаниях инженерных сооружений

1. Методы определения напряжений и деформаций

Методы экспериментального определения деформаций и напряжений играют важную роль в инженерной практике. Экспериментальное определение деформаций позволяет выполнить проверку различных теоретических или практических решений, выполняемых на моделях или на реальных объектах.

Выбор области определения напряжений зависит от вида нагружения и решаемой задачи.

Метод хрупких тензочувствительных покрытий используется для изучения полей деформаций и напряжений на поверхности деталей, узлов конструкций при статическом или динамическом нагружении. Он заключается в наблюдении трещин, образовавшихся при нагрузке хрупкого покрытия, предварительно нанесенного тонким слоем на деталь. Измерения проводят путем визуального наблюдения образования трещин в покрытии и их фотографирования. Данный метод позволяет экспериментальным путем выявить направление главных напряжений, наиболее нагруженные зоны.

Метод муаровых полос и сеток основан на возникновении полос «механической» интерференции, являющейся геометрическими местами равных перемещений. Рабочий растр наносят тонким слоем на исследуемую поверхность. Исследование заключается в анализе картин при наложении рабочего и эталонного растра друг на друга.

Нахождение на муаровой картине координат точек с равной освещенностью и измерением координат между ними позволяет определить перемещения или деформации.

Метод оптически чувствительных покрытий основан на том, что тонкое покрытие из оптически чувствительного материала, монолитно закрепленного на детали, деформируясь, становится двояколучепреломляющим. При наблюдении через отражательный полярископ видна картина распределения деформаций в виде черных или цветных полос.

Метод голографической интерферометрии основан на регистрации фронта световой волны, рассеянной объектом, по амплитудной характеристике или по фазе.

Для проведения исследований объект должен быть прозрачными диффузно отражающим. В качестве источника света используют лазер. Он применяется для определения малых перемещений при приложении механических, тепловых и других нагрузок.

Поляризационно-оптический метод позволяет находить поля напряжений и деформаций на плоских или объемных прозрачных моделях. При этом возникает возможность изучать распределение напряжений как по сечению, так и по объему. Он обладает простотой измерений деформаций, наглядностью и высокой точностью.

Метод определения напряжений и деформаций по измерениям в отдельных точках. Измерение деформаций по точкам производят с помощью приборов (тензометров), тензочувствительные части которых (тензодатчики или тензорезисторы) устанавливаются в этих точках. Данный метод получил наибольшее распространение в научных исследованиях и в инженерной практике.

Тензометры – приборы и устройства, предназначенные для измерения малых деформаций.

Для определения малых деформаций применяются тензометры различных конструкций: зеркальные, рычажные, электрические и др.

2. Проведение измерений при испытаниях мостов

Статические испытания

Статические испытания включают измерение следующих характеристик напряженно-деформированного состояния пролетных строений:

- прогибы в серединах испытываемых пролетов;
- напряжения в характерных точках поперечного сечения пролетных строений;

Порядок выполнения работ:

- снятие нулевых показаний приборов при отсутствии нагрузки на мосту;
- загрузка различных участков пролетного строения испытательной нагрузкой, выдержка порядка 5-10 минут с контролем стабилизации показаний измерительных приборов;

- снятие отсчетов по приборам, а также геодезическим инструментом;
- разгрузка пролетного строения, снятие отсчетов;

Испытание статической нагрузкой - один из наиболее распространенных методов испытания строительных конструкций. Экспериментальные исследования сводятся к измерению деформаций, возникающих при приложении нагрузки. Конструкция деформируется в зависимости от схемы приложения и величины внешних сил, технических характеристик строительного материала и геометрических характеристик рассматриваемой конструкции.

Исследования проводятся в соответствии с программой испытаний, которая, как это отмечалось выше, регламентирует рабочую схему [испытаний конструкций](#), величины испытательных нагрузок, схемы и порядок их приложения, размещение и тип измерительных приборов, а также содержит указания по проведению испытаний.

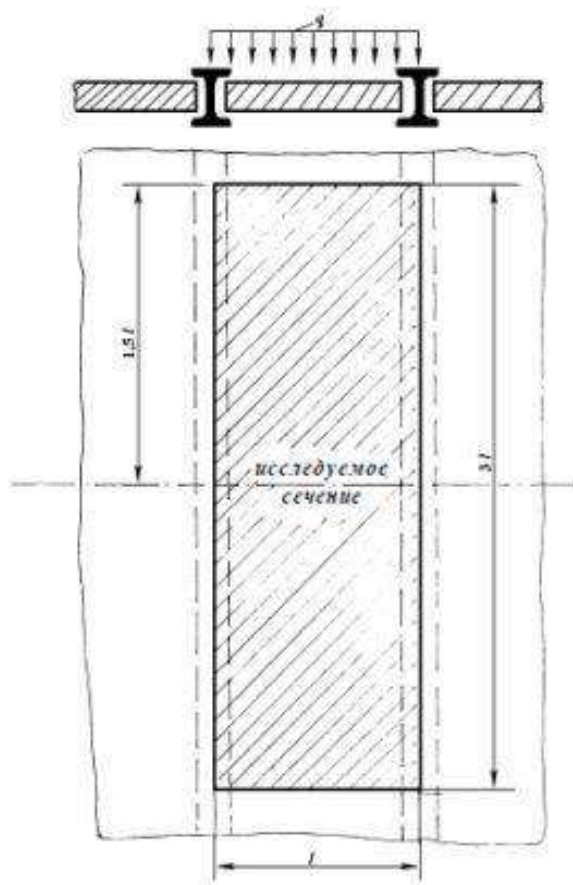


Рис. 1 Схема загрузки разрезной плиты.

Рабочей схемой называют статическую схему, которая принимается при испытании конструкции. В ней отражаются: условия опирания и

закрепления испытываемой конструкции на опорах, схема приложения нагрузок. Чаще всего рабочая схема та же, которая была принята при составлении проекта конструкции. Не исключено принятие иной схемы, если это вызвано изменениями работы конструкции при ее усилении или другим причинам. Схема расположения нагрузок должна вызвать такое напряженное и деформативное состояние в конструкции, которое наиболее полно отвечает действительной ее работе при наиболее невыгодных сочетаниях нагрузки. В рабочей схеме должно быть уделено особое внимание устойчивости элементов конструкции. Неверное приложение нагрузки может вызвать потерю устойчивости этих элементов, не отражающую действительную работу элемента в расчетной схеме. Схема загрузки при испытании однопролетных разрезных плит показана на рис.1. По этой схеме плиты загружают на участке, равном трем длинам плиты.

Схемы загрузки при испытании многопролетной (неразрезной) плиты изображены на рис.2. В результате получают наиболее неблагоприятные нагрузки на плиту. В продольном направлении плита загружается на участке, равном трем ее длинам.

Размещение нагрузок при испытании однопролетных балок с разрезными и неразрезными плитами дано на рис.3.

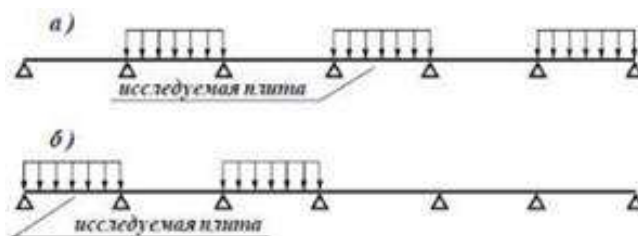


Рис. 2 Схема загрузки неразрезной плиты.

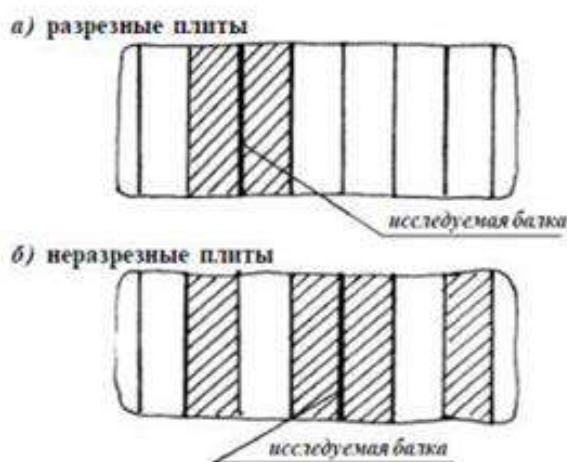


Рис. 3 Схема загрузки однопролетной балки с разрезными (а) и неразрезными (б) плитами

При испытании решетчатых конструкций в виде ферм применяются различные схемы загрузки, в зависимости от конструктивного исполнения фермы и реального приложения нагрузки. Если требуется определить наибольший прогиб фермы или максимальные усилия в стержнях верхнего и нижнего поясов, то фермы всех очертаний загружают по всему пролету. Для определения наибольших усилий в стержнях решетки вначале ферму загружают односторонней нагрузкой, а затем догружают по всему пролету.

Испытательные нагрузки получают с помощью грузов в виде песка, руды, слитков, кирпича, воды или с помощью домкратов, сжатого воздуха. Испытательной нагрузкой называют нагрузку (включая собственный вес конструкции), которая прикладывается к конструкции в процессе испытания. Предельную величину нагрузки, по результатам воздействия которой производится оценка качества конструкции, называют контрольной нагрузкой.

Величина контрольной нагрузки при проверке жесткости принимается равной нормативной нагрузке. Оценку конструкции по прочности производят по величине разрушающей нагрузки, представляющей собой расчетную нагрузку, умноженную на коэффициент C . Для металлических конструкций - $C=1,25$; для железобетонных - $C= 1,2 - 1,6$.

Опытные конструкции доводят до разрушения после того, как они выдержат контрольную нагрузку. Это делается в целях лучшего понимания работы конструкции и последующего ее проектирования с усилением слабых мест и, наоборот, облегчением элементов, имеющих запасы прочности. Следует отметить, что нагружение конструкций испытательными нагрузками проводится после проведения [обследования здания](#) или сооружения. Величина контрольной нагрузки по образованию трещин принимается равной расчетной для конструкций I категории трещиностойкости и нормативной - для II категории.

Принят следующий порядок нагружения при испытании строительных конструкций:

- В начале проводят пробное нагружение конструкции нагрузкой, не превышающей 25-30% контрольной и осуществляемой в 2-3 этапа. После необходимой выдержки под нагрузкой конструкция также поэтапно разгружается до нуля. Делается это для устранения обжатия узлов, опор. Далее нагрузка прикладывается ступенями, составляющими 10-20% от контрольной нагрузки. Количество

ступеней нагружения до достижения контрольной нагрузки обычно принимают равным 4-6, но один из них должен соответствовать нормативной нагрузке, если испытание проводят до расчетной нагрузки.

- После загрузки каждой ступени дается выдержка для затухания деформаций и производятся отсчеты по приборам. При такой системе загрузки можно определить момент появления первых трещин, проследить процесс их развития.
- После того, как достигнута контрольная нагрузка, дается выдержка для металлических конструкций в 30-90 минут, для деревянных и железобетонных - 12-48 часов.
- Для металлических конструкций отсчеты по приборам следует снимать через 15 минут после окончания загрузки, для железобетонных - через 12 часов, деревянных - через 24 часа. Разница во времени объясняется тем, что в дереве и бетоне деформации нарастают постепенно.
- Измерение величин нагрузок производится с помощью динамометров, манометров, а также взвешиванием грузов.

Размещение приборов при испытании статической нагрузкой

Выбор типов приборов и мест их установки зависит от целей и задач проводимых измерений. Измерительные приборы устанавливаются в тех точках и сечениях, перемещения и деформации которых являются наиболее характерными для исследуемой конструкции.

Прогибы измеряются в середине пролета. Чтобы исключить влияние осадки опор или их обжатия на величину измеряемых прогибов, прогибомеры устанавливаются также у опор. Величина прогиба определяется по формуле:

$$f=C-(a+b)/2$$

Установка трех прогибомеров исключает также влияние на показания приборов деформаций проволоки, так как удлинения трех проволок почти одинаковы. Если требуется получить кривую прогибов по всей длине пролета, прогибомеры устанавливаются чаще.

Приборы для измерения деформаций (тензометры, индикаторы, тензодатчики) устанавливаются или наклеиваются в тех сечениях, в которых определяются деформации волокон, а по ним - напряжения в стали, бетоне

или арматуре. Это прежде всего расчетные сечения.

В железобетонных балках деформации замеряются в середине пролета и у опор. Приборы устанавливаются в сжатой зоне на бетон, а в растянутой - на арматуру. При испытании балок тензометры размещаются в основном по верхнему и нижнему поясам, а при испытании ферм кроме того, на элементах решетки.

В центрально сжатых или растянутых элементах приборы устанавливаются по осям симметрии сечений.

В изгибаемых и внецентренно сжатых элементах, где деформации по высоте сечения не одинаковы, измерения производят в нескольких точках по высоте сечения.

При необходимости исследуются также стыки конструкций, места заделки преднапряженной арматуры, опорные узлы (в арках и фермах). Постановка индикаторов в торцах конструкции и на концах стержней дает возможность определить общее удлинение или укорочение балок, колонн, ферм и других конструкций.

Желательно приборы ставить симметрично по обеим сторонам конструкции. В результате получают дублирующие данные. Количество приборов зависит от характера испытаний. При научных исследованиях приборов устанавливается больше.

Нужно помнить, что глубина и широта исследований не всегда зависит от количества приборов. Чрезмерное количество приборов вызывает затруднения при наблюдении за ними, усложняет обработку полученных данных и может снизить эффективность испытаний. Следует стремиться к надежной и продуманной схеме расстановки приборов, используя их в минимально необходимом количестве.

Проведение испытаний строительных конструкций статической нагрузкой

Перед началом испытаний проводится подготовка конструкции, которая сводится к ее очистке, зачистке мест установки приборов, побелке поверхностей для железобетонной конструкции, сооружению приспособлений для создания нагрузок, сооружению страховочных и рабочих подмостей. К подготовительным работам относятся также установка приборов в соответствии с рабочей схемой, проверка работоспособности системы силового возбуждения и измерения.

Подготовленную к испытаниям конструкцию выдерживают 12-20 часов для наблюдения за влиянием колебаний температуры на деформации в конструкции и показания приборов.

Далее производятся первоначальные отсчеты и ведется нагружение в соответствии с программой испытаний. Приложение нагрузки осуществляется плавно, без ударов и толчков. В процессе испытаний ведутся журнал и ведомости испытаний, куда заносятся отсчеты приборов, данные замеров трещин, особенности поведения конструкции.

Осмотр конструкции следует производить каждый раз после увеличения нагрузки на одну ступень. При приближении нагрузки к нормативной особое внимание уделяют обнаружению трещин в бетоне. Если они образовались, то за ними ведутся наблюдения, границы трещин отмечаются.

По результатам освидетельствования конструкции после испытаний составляется акт.

Особое место в процессе испытания должны занимать вопросы техники безопасности. Наиболее опасно для людей случайное разрушение конструкции. Поэтому устраивают страховочные подмости, способные воспринять на себя вес обрушивающейся конструкции. Подмости проектируют так, чтобы зазоры между ними и конструкцией не препятствовали перемещениям ее элементов при испытании. Подмости для передвижения людей должны быть снабжены лестницами, перилами и другими ограждениями (навесы, козырьки). Временные конструкции и площадки под грузы (платформы) должны быть надежными. Грузовые платформы располагают на расстоянии 10-40 см от пола.

Очень важно оградить испытания от посторонних лиц. Желательно устройство дистанционного управления домкратами и приборами. Особенности испытаний строительных конструкций статической нагрузкой эксплуатируемых или построенных зданий и сооружений заключаются в том, что:

- элементы испытываются в составе пространственных конструкций без выделения их в более простые линейные или плоские системы;
- испытания проводятся на месте их работы;
- при испытании конструкции не доводятся до разрушения;

- часто не удается обнаружить проектных материалов, поэтому во время освидетельствования приходится производить тщательные обмеры с составлением чертежей;
- во время освидетельствования производится осмотр конструкций и фиксируются повреждения, условия опирания и степень заделки;
- испытания отдельных элементов производятся не до определенной заранее нагрузки, а до появления в элементах напряжений и усилий, на основании которых можно дать правильную оценку их несущей способности, жесткости и трещиностойкости.

По полученным при испытании строительных конструкций данным о величине нормативных и расчетных нагрузок судят о их соответствии с реально действующими или ожидаемыми нагрузками и решают вопрос о необходимости усиления конструкции.

В процессе увеличения нагрузки, например, надстройки здания, организуется непрерывное наблюдение за состоянием конструкций. После завершения строительных работ рекомендуется провести повторные измерения напряжений в конструкции.

Динамические испытания

В зависимости от задач, поставленных в программе, динамические испытания следует проводить в целях:

-выявления величин динамических воздействий, создаваемых реальными подвижными нагрузками;

-определения основных динамических характеристик сооружения - частот и форм собственных колебаний, динамической жесткости сооружения, характеристик затухания колебаний.

Для испытаний с целью выявления величин динамических воздействий, создаваемых подвижными нагрузками, следует использовать тяжелые нагрузки, которые могут реально обращаться по сооружению и способны при имеющихся неровностях пути или проезжей части вызывать появление в конструкциях колебаний, ударных воздействий, местных перегрузок и др.

Для определения динамических характеристик сооружений следует использовать подвижные, ударные, вибрационные, ветровые и другие нагрузки, способные вызвать появление устойчивых колебаний (в том числе

свободных).

При динамических испытаниях пешеходных мостов возбуждение собственных колебаний конструкций следует производить посредством раскачки, сбрасывания грузов, движения (ходьбы и бега) по мосту отдельных пешеходов или их групп и т.д.

Места приложения возмущающих нагрузок, а также места измерения деформаций следует выбирать с учетом ожидаемых видов и форм колебаний.

При возбуждении колебаний конструкции посредством ударов падающих грузов должны быть приняты меры, предохраняющие конструкцию от местных повреждений: устройство песчаных подушек, распределительного настила.

При испытаниях автодорожных и городских мостов в необходимых случаях (например, для выявления динамических характеристик сооружения, для оценки влияния неровностей, возможных на проезжей части, и др.) динамическое воздействие подвижной нагрузки может усиливаться применением специальных мер - проездом автомобилей по искусственно созданным неровностям (порожкам).

Возмущающие динамические силы в виде периодически повторяющихся импульсов могут быть созданы посредством проезда двухосного автомобиля по порожкам (доскам, уложенным поперек проезда), удаленным один от другого на расстояния, равные колесной базе автомобиля.

При динамических испытаниях сооружения временной подвижной нагрузкой заезды следует выполнять с различными скоростями, что позволяет выявить характер работы сооружения в диапазоне возможных скоростей движения нагрузки.

Во время динамических испытаний по центру проезжей части моста пропускается автомобиль с различными скоростями движения – 5, 10, 20 км/час. Также производится пропуск автомашины через искусственную неровность высотой 4-5 см (порожек, т.е. уложенный поперек проезжей части деревянный брус) со скоростью 5 и 10 км/час.

В процессе движения и некоторое время после съезда автомобиля с пролетного строения производится запись диаграмм колебаний пролетного строения. Записанные диаграммы обрабатываются и определяются экспериментальные величины динамического коэффициента $1+\mu$ и периода собственных колебаний T .

Во время динамических испытаний с помощью самопишущих приборов должны быть зарегистрированы общие перемещения сооружения (например, прогибы в середине пролета, смещения концов пролетного строения на подвижных опорных частях), а также в необходимых случаях перемещения и деформации (напряжения) в отдельных элементах сооружения.

Перед испытаниями выполняется расчет динамических характеристик по методу конечных элементов. Результаты расчетов сопоставляются с данными фактических измерений, и дается оценка динамической жесткости пролетных строений.

3. Средства измерений

Для замеров перемещений и деформаций испытываемых конструкций или их элементов применяют специальные измерительные приборы, основанные на принципах механического или электрического увеличения. В настоящее время нашли широкое применение электрические приборы, которые позволяют замерить неэлектрические величины электрическими методами.

В зависимости от характера измеряемых величин деформаций и перемещений для *статических испытаний* применяют следующие приборы:

- прогибомеры и индикаторы часового типа, предназначенные для определения линейных перемещений отдельных точек конструкции;
- клинометры, используемые для измерения угловых перемещений (углов поворота) сечений элементов;
- тензометры и компораторы, применяемые для определения деформаций отдельных волокон на небольшом участке элемента конструкции;
- сдвигомеры, фиксирующие деформации смещения параллельных волокон на сдвиге.

Прогибомеры - приборы для измерения прогибов, вертикальных и других перемещений в любом направлении. В испытательной практике используются многие типы прогибомеров с проволочной связью. Наибольшее применение нашли прогибомеры Н.Н. Максимова (ПМ-2 и ПМ-3) и Н.Н. Аистова (ПАО-5 и ПАО-6).

В прогибомерах с проволочной связью проволока прикрепляется к испытываемой конструкции, а на свободном конце подвешен груз (1-3 кг). Прогибомер устанавливают на неподвижной опоре или на специальном штативе. Иногда прогибомер устанавливают на конструкции, тогда проволока крепится к неподвижной опоре.

Для измерения небольших по величине перемещений могут быть использованы индикаторы часового типа, которые или устанавливают на неподвижной опоре с упором подвижного измерительного стержня в испытываемую конструкцию, или закрепляют на конструкции с упором подвижного стержня на неподвижную опору. Индикаторы просты в обращении и обладают высокой точностью.

Обработка показаний прогибомеров и индикаторов заключается в определении перемещения точки по формуле.

Клинометры - приборы для определения углов поворота - измеряют тангенсы углов. Наибольшее распространение получили клинометры Стопани, Аистова и рычажные клинометры. Клинометры представляют собой устройства, близкие к геодезическим инструментам.

Основные виды работ в на статических испытаниях выполняются современными высокоточными кварцевыми датчиками.

Продольные деформации измеряются **кварцевым деформометром ДК200** (навесной автоматический экстензометр) с ценой деления 0,01 мкм на базе 200 мм. Диапазоном измерения смещения ± 200 мкм с точностью измерения 1%.

Измерение малых углов поворота конструкций контролируется с помощью высокостабильных **кварцевых инклинометров ИН120**, предназначенных для долговременного непрерывного мониторинга инженерных конструкций.



Краткие технические характеристики инклинометра ИН120:

- Измерительный диапазон: от минус 10800 угловых секунд до плюс 10800 угловых секунд
- Разрешение инклинометра: 0.1 угловая секунда
- Температурный диапазон: от минус 40 градусов до плюс 50 градусов по Цельсию
- Габариты: диаметр — 90 мм; высота — 130 мм;

При *динамических испытаниях* измерения частоты и амплитуды колебаний выполняются с помощью механических и электрических приборов, снабженных устройством для записи виброграмм (под виброграммой понимают запись движения исследуемой точки во времени).

Из механических приборов применяют ручные вибрографы (ВР) и вибрографы Гейгера. В последнее время широкое применение находят электрические приборы: маятникового типа индуктивные и тензометры сопротивления с консольной механической схемой. В настоящее время нашли применение цифровые приборы и автоматизированные комплексы.

Для измерения частоты колебаний может быть использован электротензометр, так как измеряемые им изменения деформаций происходит с частотой колебаний конструкции. Сигнал усиливают с помощью усилительного устройства.

В качестве регистрирующей аппаратуры используют компьютер или многошлифовые осциллографы.



Динамические испытания проводятся с применением **акселерометра-инклинометра цифрового трехосевого АЦт90** внесенного в реестр СИ и

позволяющего проводить измерения ускорения по трем каналам(X,Y,Z), частотой 256 измерений/канал и передачи результатов по интерфейсу RS-485. Акселерометр АЦт90 может применяться для идентификации собственных частот и форм колебаний строительных сооружений, а также для выполнения комплекса работ по разделению вибраций. Акселерометр-инклинометр трех осевой АЦт90 соответствует требованиям ГОСТ 53963.1-2010 в части регистрации вибраций строительных сооружений.

При проведении динамических испытаний проводятся замеры параметров вибрации с использованием поверенных и откалиброванных приборов, входящих в состав **мобильного измерительного комплекса вибродиагностики сооружений (МКВС)** информационно-измерительной системы.

3. Точность измерений при обследовании и испытаниях мостовых сооружений и принимаемые значения

Полная длина мостового сооружения - расстояние вдоль оси мостового сооружения между наиболее удаленными друг от друга точкам и элементов пролетных строений или опор мостового сооружения. Длина переходных плит не учитывается. Если мост в плане «косой», расстояние между «наиболее удаленными точками» определяется по какой-то одной продольной оси, а не в перекрест для левой и правой стороны мостового сооружения. В полную длину пешеходных мостов включают длину горизонтальных проекций лестничных сходов. Измерения проводятся при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров. Определяют с точностью до 0,01 м.

Вертикальный подмостовой габарит — минимальное расстояние по вертикали в пределах ширины подмостового габарита от нижней точки пролетного строения до верха покрытия автомобильной дороги, до головки рельса железнодорожных путей, до расчетного судоходного уровня воды в судоходных пролетах. Отметка расчетного судоходного уровня принимается по технической документации, при измерениях измеряется расстояние до фактического уровня воды на момент измерения. Определяют натурным измерением при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01м.

Косина мостового сооружения, градусы — указывают косину мостового сооружения в градусах. Косина “а” равна 90° минус угол пересечения. Здесь «угол пересечения» - угол между осью пролетного

строения и осью опоры. Если угол пересечения равен 90° , то пересечение прямое, и косина равна 0. Определяют косину натурным измерением при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 1в или принимают по проектной документации.

Ширина мостового сооружения —измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м. Принимают среднее расстояние между наиболее выступающими фасадными гранями конструкций пролетных строений.

Ширина мостового полотна (расстояние между перилами) — измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м. Принимают среднее расстояние между внутренними гранями поручней перильного ограждения. Если перила отсутствуют (с одной или с двух сторон), в качестве границы принимается ближайшая к оси проезжей части грань ограждения безопасности.

Ширина ездового полотна — измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м. Принимают среднее расстояние и указывают минимальное между ограждениями проезда, включая разделительную полосу, не имеющую ограждений, и полосы безопасности. При наличии ограждений разделительной полосы следует указывать ширину каждой части ездового полотна.

Ширина разделительной полосы, имеющей ограждения, — измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м. Принимают среднее расстояние по граням ограждений безопасности разделительной полосы, обращенным к проезжей части.

Ширина правой (левой) части ездового полотна — измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м). Принимают среднее расстояние и указывают минимальное между ограждениями проезда, включая полосы безопасности.

Толщина дорожной одежды ездового полотна - измеряют при помощи геодезических приборов или специальных приспособлений (для проведения измерений через водоотводные трубки с точностью до 0,01 м). Принимают среднее значение толщины на каждом пролете.

Высота ограждений безопасности - расстояние от верха проезжей части до верха ограждения. Измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров в начале и в конце сооружения по левой и по правой

стороне с точностью до 0,01 м. Принимают среднее значение измерений и указывают минимальное.

Ширина ограждения безопасности - измеряют при помощи мерных лент по наружным габаритам ограждений безопасности с точностью до 0,01 м. Принимают среднее значение.

Ширина левого (правого) тротуара - расстояние (ширина прохода) от ограждения безопасности до перильного ограждения, отдельно для правого и левого тротуаров. Измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м. Принимают среднее значение и указывают минимальное.

Высота перил - расстояние от уровня прохаживаемой (проезжей) части до верха перильного ограждения. Измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м. Принимают среднее значение и указывают минимальное.

Величина поперечного уклона поверхности покрытия проезжей части — измеряют при помощи геодезических приборов. В каждом поперечном сечении измерения проводят при двусторонних уклонах в трех точках по краям проезжей части и по оси проезда, при одностороннем уклоне в двух точках, расположенных по краям проезжей части. Число поперечных сечений зависит от длины мостового сооружения и особенностей его расположения в плане и в профиле. Для малых мостовых сооружений, расположенных на прямой, измерения проводятся в трех поперечных сечениях: в начале, в середине и в конце мостового сооружения. Указывают среднюю величину с точностью до 0,1 %.

Величина продольного уклона поверхности покрытия проезжей части — Измеряют при помощи геодезических приборов. При двусторонних уклонах измерения проводят либо по оси проезжей части, либо в условиях интенсивного движения транспорта, по краям ездого полотна. При односторонних уклонах измерения проводят по краям ездого полотна. Число измерений зависит от длины мостового сооружения и особенностей его расположения в плане и в профиле. Для малых мостовых сооружений, расположенных на прямой, измерения проводятся в трех поперечных сечениях: в начале, в середине и в конце мостового сооружения. Уклоны указывают с точностью до 0,1 %.

Величина поперечного уклона поверхности тротуаров – измеряют при помощи геодезических приборов или уровня. Число поперечных

сечений, в которых проводятся измерения, зависит от длины мостового сооружения. Для малых мостовых сооружений измерения проводятся в трех поперечных сечениях: в начале, в середине и в конце мостового сооружения. Указывают среднюю величину с точностью до 0,2%.

Полная длина пролетного строения - определяют при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м.

Полная ширина пролетного строения - определяют без учета длины свесов накладных тротуаров, измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,01 м.

Высота главных балок (ферм) в пролете — определяют в середине пролета, измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров металлических балок с точностью до 0,001 м, для железобетонных балок с точностью до 0,01 м. Для сталежелезобетонных конструкций высоту главных балок указывают без плиты.

Высота главных балок (ферм) на опоре — определяют над опорной частью. Измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров для металлических балок с точностью до 0,001 м, для железобетонных балок с точностью до 0,01 м. Для сталежелезобетонных конструкций высоту главных балок указывают без плиты.

Толщина ребра главных балок - определяют в местах опирания пролетного строения на опорные части и в середине пролета, измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров для металлических балок с точностью до 0,001 м, для железобетонных балок с точностью до 0,01 м.

Высота поперечных балок (диафрагм) - измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров для металлических балок с точностью до 0,001 м, для железобетонных балок с точностью до 0,01 м. Высота диафрагм железобетонных балок определяется без учета высоты плиты.

Высота продольных балок - измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров для металлических балок с точностью до 0,001 м, для железобетонных балок с точностью до 0,01 м.

Сечения металлических элементов и деталей — толщину элементов измеряют штангенциркулем с точностью до 0,5 мм; толщину элементов, имеющих доступ с одной стороны, измеряют с помощью ультразвуковых

толщиномеров с точностью до 0,05 мм; сечение сварных швов определяют с помощью шаблонов или снятием слепка; остальные размеры — с помощью стальной линейки и рулетки с точностью до 1 мм. Для измерения толщины листа в слабо напряженной зоне может быть высверлено отверстие. При измерениях следует удалять противокоррозионное покрытие либо учитывать его фактическую толщину.

Толщина противокоррозионных покрытий металлических элементов и деталей — измеряется при помощи магнитных и электромагнитных толщиномеров с точностью до 1 мкм. За единичное измерение толщины принимают среднее значение из пяти измерений на участке размером 10x10 см.

Адгезия противокоррозионных покрытий — адгезию покрытия определяют методом решетчатого надреза по ГОСТ 15140 по трехбалльной шкале.

Величина выгиба (провисания) середины пролетного строения - измеряют при помощи геодезических приборов, мерных лент и лазерных дальномеров. Точность измерений - до 0,001 м.

Высота тела опоры от верха подферменной площадки до обреза фундамента - устанавливают по технической документации или измеряют в ходе специальных работ. Точность фиксации размеров — 0,01 м.

Высота тела опоры от верха подферменной площадки до уровня грунта - до уровня грунта высоту (по оси мостового сооружения) определяют для безростверковой конструкции опоры. Для прочих видов опор высоту до уровня грунта указывают, если нет данных о конструкции и высотном положении ростверка или фундамента. Измеряют при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров с точностью до 0,1 м.

Размеры стоек вдоль и поперек оси мостового сооружения — измеряют при помощи мерных лент или лазерных дальномеров. Точность измерения размеров - до 0,01 м.

Высота ригеля (подферменной плиты) — вертикальный размер тела ригеля измеряют при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров с точностью 0,01 м.

Размеры ригеля (поферменной плиты) вдоль и поперек мостового сооружения - измеряют при помощи геодезических приборов, мерных лент

или лазерных дальномеров с точностью 0,01 м.

Губина заложения фундамента — устанавливают по технической документации или по результатам специального обследования как расстояние от поверхности естественного грунта до подошвы фундамента либо глубину забивки свай от поверхности земли. Точность фиксации размеров — 0,01 м.

Ширина русла водотока — измеряют ширину по оси мостового сооружения при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров. Точность измерений — до 0,5 м.

Глубина русла водотока - измеряют глубину по оси мостового сооружения при помощи эхолотов, мерных реек. Точность измерений — до 0,2 м.

Размывы русла у опор - измеряют параметры размывов русловых опор при помощи эхолотов, мерных реек. Точность измерений — до 0,2 м.

Скорость течения в водотоке — принимают наибольшую скорость течения по ширине водотока на поверхности в створе по оси мостового сооружения. Точность измерений - до 0,1 м/с.

Ширина земляного полотна на подходах - измеряют ширину на уровне бровки земляного полотна на расстоянии 25 м от начала и от конца мостового сооружения в обе стороны при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров. Точность измерений - до 0,1 м.

Ширина проезжей части на подходах - измеряют по покрытию на расстоянии 25 м от начала и от конца мостового сооружения в обе стороны при помощи геодезических приборов, мерных лент или лазерных дальномеров. Точность измерений - до 0,1 м.

Высота насыпи (глубина выемки) в месте сопряжения с мостом - определяют для поперечного сечения, проходящего по задней грани устоя, как разницу отметок бровки насыпи и среднего уровня естественного грунта по оси мостового сооружения при помощи геодезических приборов. Точность измерений - до 0,1 м.

Величина измерения прогибов пролетного строения при испытаниях мостовых сооружений - определяют при помощи механических или электронных измерительных приборов или при помощи геодезических приборов. Точность измерений - не менее 5% от предполагаемой величины прогиба.

Величина измерения деформаций (определения напряжений) в конструкциях при испытаниях мостовых сооружений — определяют при помощи механических тензометров или тензодатчиков по ГОСТ 18957. Точность измерений не менее 5% от предполагаемой величины измеряемого фактора.

Ширина раскрытия трещин — определяют при помощи микроскопов МПБ-2, МИР-2, лупы с масштабным делением (лупы Бринелля) или других приборов и инструментов, обеспечивающих точность измерений — не ниже 0,1 мм.

Глубина трещин - устанавливают, применяя иглы и проволочные щупы, а также при помощи ультразвуковых приборов типа УКБ-1М, бетон-ЗМ, УК-10П и др.

Глубина коррозии - измерения производятся для расчетных рабочих сечений в местах наибольшего ослабления коррозией. При язвенной коррозии измеряют глубину отдельных язв. Остаточный диаметр арматуры измеряется штангенциркулем или микрометром. Остаточную толщину деталей элементов определяют ультразвуковыми толщиномерами или при помощи коррозионно-метрических скоб, штангенциркулей. При сплошной равномерной коррозии на участках с хорошо сохранившимися продуктами коррозии глубину коррозионных поражений допускается определять измерением толщины слоя ржавчины. Толщину продуктов коррозии определяют микрометром или с помощью магнитных или электромагнитных толщиномеров, которыми замеряют толщину немагнитных противокоррозионных покрытий на стали. В этом случае глубина коррозии принимается равной 60% от толщины измеренной ржавчины. Точность измерений — до 0,5 мм.

Прочность бетона — определяется преимущественно неразрушающими методами контроля. При проведении испытаний механическими методами неразрушающего контроля следует руководствоваться указаниями ГОСТ 22690, ГОСТ 17624.

Глубина карбонизации защитного слоя бетона — определяется воздействием 0,1 %-го раствора фенолфталеина в этиловом спирте на свежий скол бетона. Измерения проводятся через минуту после нанесения индикатора на скол бетона при помощи штангенциркуля и линейки. В бетонах с неравномерной структурой пор граница карбонизации может быть извилистой. В этом случае необходимо измерять максимальную и среднюю

глубину карбонизации бетона. Точность измерений — до 0,5 мм.

Толщина защитного слоя бетона и расположение арматуры — для определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры в железобетонной конструкции при обследованиях применяют магнитные, электромагнитные методы по ГОСТ 22904. В необходимых случаях производятся прямые измерения после вскрытия бетона. Точность измерений — до 1,0 мм.

Содержание хлоридов в бетоне - определяется методом прямой потенциометрии с использованием ионоселективных электродов согласно ОДМ. Методика определения содержания хлоридов в железобетонных конструкциях мостовых сооружений / Минтранс РФ: - М., 2002.

Концентрация хлорид-иона определяется в процентах от массы бетона с последующим пересчетом на массу цемента.

Лекция 10. Надежность и усталостная долговечность инженерных сооружений

1. Понятие надежности

В русском языке слово «*надежность*» имеет несколько близких одно другому, но все же различных значений.

В бытовом смысле «надежность» применительно к какому-либо человеку означает уверенность в его определенных качествах – верности другу, дружбе, исполнительности, способности выполнить порученное дело и т.п. Концентрированным качественным определением надежности человека является расхожая цитата: «Я пошел бы с ним в разведку».

Однако для оценки возможности каких-либо событий, ситуаций, поступков категорической оценки типа «да», «нет» часто бывает недостаточно.

Поэтому возникает и устойчиво присутствует в нашем обиходе интуитивно количественные оценки: «скорее да, чем - нет», «большая степень уверенности», «фифти-фифти» и т.п.

С развитием техники появилась потребность оценивать те или иные механизмы, конструкции, технологические процессы с позиций их устойчивости в работе и безотказности.

Ответом на это возникло математическое понятие надежности, в котором надежность выступает как вероятность безотказного функционирования технического объекта. Отсюда точное научное определение:

Надежность объекта – свойство этого объекта выполнять свои функции в заданном режиме в течение заданного срока с заданной вероятностью.

Например, для мостов – пропускать эксплуатационные нагрузки в пределах проектных значений А-11 и НК-80 в течение 70-90 лет.

Количественной оценкой надежности является вероятность «Р» выполнения объектом его функций.

Понятие надежности неразрывно связано с понятием долговечности.

Долговечность – свойство сохранять работоспособность в течение определенного времени Т.

Разница между надежностью и долговечностью заключается в том, что в первом случае определяется вероятность Р, а время Т выступает как параметр, а во втором – наоборот, определяется время Т при заданной вероятности Р.

К понятиям надежности и долговечности, естественно, примыкает понятие отказа.

Отказ – случайное событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

Вероятность отказа определяется величиной $q = 1 - P$.

Существует много классификаций видов отказов. Наиболее интересная и важная для строительных конструкций классификация выделяет две категории отказов:

- внезапный отказ;
- постепенный отказ.

Внезапный отказ – отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров объекта. Например, хрупкое разрушение моста через р. Клязьму зимой 1980 г. вследствие резкого похолодания является внезапным отказом.

В повседневной жизни внезапные отказы встречаются, к сожалению, намного чаще (например, двойка на экзамене вследствие обнаружения преподавателем шпаргалки).

Постепенный отказ – отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта. Примером может служить нарастание провисов пролетных строений до опасных с точки зрения безопасности пределов.

Постепенный отказ может в конечном счете привести к внезапному отказу, например, к разрушению конструкции в результате накопления усталостных повреждений.

Для изучения надежности и долговечности технических систем, изменения этих величин во времени, определения степени влияния на надежность и долговечность объектов различных случайных факторов возник и получил развитие специальный раздел теории вероятностей – **теория надежности**.

2. Надежность систем

Все технические объекты представляют собой сложные системы, состоящие из многих элементов.

Примерами могут служить: сборная обделка тоннеля, собранная из трубингов, многопролетный мост, здание и т.п.

Различают системы с **последовательным соединением элементов, параллельным и смешанным**.

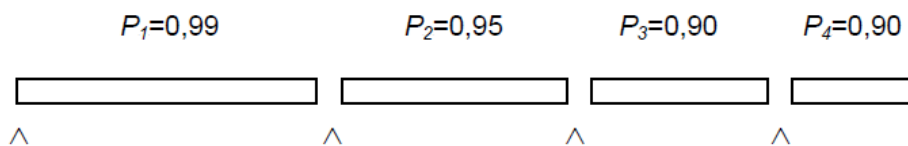
Система с последовательным соединением элементов

Система с последовательным соединением элементов – это такая система, когда отказы разных элементов независимы друг от друга, а отказ хотя бы одного элемента приводит к отказу всей системы.

Надежность такой системы определяется как вероятность безотказной работы всех ее элементов. Если мы имеем систему S , состоящую из n независимых элементов, и надежность i -го элемента – P_i , то по теории вероятностей надежность всей системы определяется по формуле:

$$P_s = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n .$$

Пример. Мост из 4-х пролетов. Надежность каждого пролетного строения показана на схеме.



$$P_{\text{моста}} = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 0,76 .$$

Соответственно, вероятность отказа $q = 1 - P = 0,24$.

Следует отметить, что надежность системы в случае последовательного соединения элементов меньше, чем надежность любого из этих элементов.

Система с параллельным соединением элементов

Системой с параллельным соединением элементов называется система, элементы которой дублируют друг друга, и отказ одного из них не влечет отказ всей системы.

Пример. Пучок (канат) из параллельных проволок. Система в этом случае сохраняет работоспособность, пока функционирует хотя бы один элемент, т.е. хотя бы одна проволока.

Надежность системы S , состоящей из n параллельных элементов, обладающих надежностью P_i , где i – номер элемента, определяется следующим образом.

Вероятность отказа i -го элемента:

$$q_i = 1 - P_i .$$

Вероятность одновременного отказа всех элементов

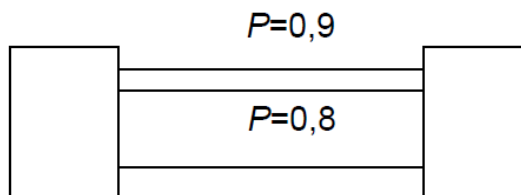
$$q_s = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n . \quad (1.2)$$

Следовательно, надежность системы равна

$$P_s = 1 - q_s = 1 - q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n . \quad (1.3)$$

Из этой формулы видно, что при параллельном соединении элементов надежность системы выше, чем надежность любого из отдельных элементов.

Пример. Два блока соединены двумя параллельными стержнями:



Надежность этой системы равна $P = 1 - 0,1 \cdot 0,2 = 0,98$.

На самом деле, как правило, при отказе одного из параллельных элементов происходит снижение надежности остальных элементов системы. Кроме того, строительные конструкции представляют собой многоэлементные системы со смешанным соединением элементов. С этим необходимо считаться при расчете надежности.

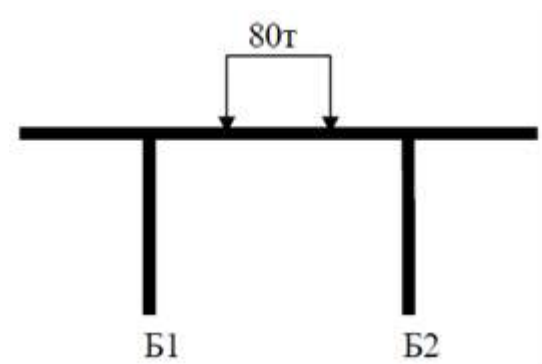
Пример.

На пролетное строение моста, имеющее в поперечном сечении две главных балки, действует нагрузка НК-80.

Обеспеченность (надежность) несущей способности каждой балки в размере 400 кН равна $P = 0,9$.

Обеспеченность несущей способности в размере 800 кН равна $P = 0,6$.

Определить надежность системы.



Решение:

На каждую балку приходится усилие 400 кН.

Рассмотрим возможные модели разрушения пролетного строения под нагрузкой. Первая модель – последовательное разрушение сначала одной, а потом и другой балок. Вторая – одновременное разрушение обеих балок.

Вероятность разрушения одной балки при том, что вторая останется неразрушенной, равна $q_1 = 2 \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,9 = 0,18$.

Вероятность разрушения после этого и второй балки, на которую приходится нагрузка 800 кН, равна

$$q_{1-2} = 0,18 \cdot (1-0,6) = 0,072.$$

Вероятность разрушения сразу двух балок

$$q_2 = (1-0,9)P$$

$$P = 0,01.$$

Таким образом, вероятность разрушения пролетного строения равна

$$q = q_{1-2} + q_2 = 0,072 + 0,01 = 0,082.$$

Соответственно, надежность пролетного строения

$$P = 1 - q = 1 - 0,082 = 0,918.$$

3. Вероятностная основа запасов прочности конструкций

Предельное неравенство

Проектирование и строительство конструкций должны обеспечивать их надежную эксплуатацию в течение определенного им срока службы. Это означает, что с достаточно большой вероятностью строительные объекты будут функционировать без повреждений, препятствующих их эксплуатации.

При проектировании условие надежности конструкции определяется так называемым «предельным неравенством»:

$$S \leq F = R \cdot A, \quad (2.1)$$

где S – усилия или напряжения, возникающие в конструктивном элементе (сечении);

F – несущая способность элемента;

R – прочность материала;

A – геометрическая характеристика сечения элемента.

Транспортные сооружения, и особенно мосты, - сложнейшие конструктивные системы, состоящие из большого числа самых разных элементов, испытывающих самые разные воздействия, т.е. применительно к этим сооружениям можно записать:

$$\{S_i\} \leq \{R_i \cdot A_i\}, \quad (2.2)$$

где индекс i обозначает принадлежность указанных выше параметров i -му элементу.

Эта формула в самом общем виде представляет существо расчета и проектирования мостов.

Она распадается на множество более простых неравенств,

$$S_i \leq R_i \cdot A_i, (2.3)$$

в каждом из которых сопоставляются нагрузки и воздействия с одной стороны и несущая способность элементов моста – с другой.

И условие общей надежности сооружения – выполнение выше приведенного неравенства для каждого элемента.

А достигается эта надежность на всех этапах жизни моста - при составлении норм, проектировании, строительстве и эксплуатации.

Таким образом, **надежность** моста можно трактовать как вероятность выполнения неравенства (2.2), частные надежности – как **обеспеченности** в частных неравенствах (2.3).

Отношение $F/S \geq 1$ называется **коэффициентом запаса**.

4. Усталостная долговечность

Проблема снижения грузоподъемности и долговечности мостовых сооружений (далее – мосты) вследствие физического износа несущих конструкций не перестает быть актуальной в течение десятилетий.

Объективно физический износ мостовых конструкций неизбежен. Полностью исключить его невозможно, но защитные меры могут его замедлить.

Чтобы успешно противостоять деградиационным процессам, обуславливающим износ конструкций, необходимо понимать их природу и уметь оценивать их интенсивность и влияние на грузоподъемность и долговечность мостов.

Рассмотрим следующие наиболее опасные деградиационные процессы, серьезно влияющие на грузоподъемность и долговечность мостов:

а) коррозия металла:

- несущих конструкций стальных и сталежелезобетонных пролетных строений;

- стальной арматуры несущих конструкций железобетонных пролетных строений;

б) усталость металла:

- стальных конструкций;

- арматуры;

в) ослабление натяжения высокопрочной арматуры в железобетонных поперечно-члененных пролетных строениях.

Коррозионный износ конструкций зависит от климатических условий, а также от характера и степени вредных техногенных воздействий.

Усталостный износ является результатом переменных по величине воздействий подвижных эксплуатационных нагрузок.

Падение усилий в пучках предварительно напряженной арматуры приводит к потере обжатия стыков составных железобетонных пролетных строений и, соответственно, снижению несущей способности стыков на сдвиг.

Стальные конструкции и их элементы (резервуары, сосуды давления, подъемно-транспортные сооружения, высотные сооружения типа башен и мачт, глубоководные основания морских стационарных платформ и др.), подвергающиеся в процессе эксплуатации воздействию повторно-статических, вибрационных или другого вида циклических нагрузок, необходимо проверять расчетом на усталость. При этом должен быть рассмотрен весь спектр эксплуатационных нагрузок и их повторяемость за расчетный срок службы элемента конструкции или сооружения в целом.

Усталостная долговечность - характеристика выносливости материала противостоять усталости, определяемая числом циклов, пройденным образцом перед разрушением при определенном заданном напряжении.

Усталость - процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений, приводящих к изменению свойств, образованию и развитию трещин и разрушению.

По результатам исследований были разработаны следующие методики оценки влияния на уровень грузоподъемности и остаточный ресурс долговечности мостов, поврежденных конструкций мостовых пролетных строений, вызванных указанными процессами (Методическое пособие «Методика оценки остаточного ресурса долговечности мостов по результатам натурных исследований». - Минстрой России. 2019г.):

- оценки снижения грузоподъемности мостовых конструкций в результате коррозионного износа;

- оценки снижения долговечности мостовых конструкций в результате усталостного износа;

- оценки снижения грузоподъемности железобетонных мостовых пролетных строений коробчатого сечения с поперечными стыками в результате ослабления натяжения высокопрочной арматуры.

Лекция 11. Ремонт инженерных сооружений

1. Общие положения по ремонту инженерных сооружений

По результатам надзора состояние мостов характеризуется двумя оценками:

- 1) оценка технического состояния;
- 2) эксплуатационная оценка.

В зависимости от полученных оценок устанавливается безопасный режим движения по мостам и назначаются мероприятия по содержанию, ремонту или реконструкции.

Ремонт – это работы, обеспечивающие восстановление первоначальных (проектных) транспортно-эксплуатационных качеств моста при износе элементов больше 25%, но менее 60%. Ремонт выполняется на основе проектно-сметной документации.

В зависимости от объемов работ ремонты делят на **ремонт (текущий)** и **капитальный ремонт**.

Состав работ по ремонтам определен в «**Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог**», утвержденной приказом Минтранса России №402 от 16.11.2012г.

Классификация устанавливает состав и виды работ, выполняемых при капитальном ремонте, ремонте и содержании автомобильных дорог (далее - дорожные работы), и предназначена для использования при планировании объемов дорожных работ, в том числе при их проектировании и формировании программ дорожных работ на краткосрочный и среднесрочный периоды.

При проведении капитального ремонта участка автомобильной дороги и (или) дорожных сооружений могут выполняться отдельные работы по ремонту и содержанию элементов автомобильной дороги и (или) дорожных сооружений, состояние которых не требует капитального ремонта, если указанные работы необходимы для приведения ремонтируемого участка в надлежащее техническое состояние. (пп. 2.1 введен Приказом Минтранса России от 07.11.2017 N 479).

Работы по ремонту дорожных покрытий на искусственных дорожных сооружениях могут выполняться одновременно с работами по ремонту дорожных покрытий на прилегающих участках автомобильных дорог. (пп. 2.2 введен Приказом Минтранса России от 07.11.2017 N 479) (п. 2 в ред. Приказа Минтранса России от 25.11.2014 N 322).

При капитальном ремонте проводятся следующие работы по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

- а) замена балок (более 25%) в пролетных строениях;
- б) восстановление или замена подпорных стен, противолавинных галерей, навесов, устройство укрепительных и регулиционных сооружений, сооружений для защиты от наледей, оползней и др.;
- в) восстановление берегозащитных и противоэрозионных сооружений;
- г) восстановление тоннелей, включая замену части (до 50%) обделки;
- д) замена пролетных строений и отдельных элементов несущих конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов с возможным временным отводом земельных участков (без дополнительного землеотвода), необходимых для указанных целей, с последующей их рекультивацией; (пп. "д" в ред. Приказа Минтранса России от 07.11.2017 N 479)
- е) устройство, удлинение водопропускных труб, а также замена их звеньев и оголовков с возможным временным отводом земельных участков (без дополнительного землеотвода), необходимых для указанных целей, с последующей их рекультивацией; (пп. "е" в ред. Приказа Минтранса России от 07.11.2017 N 479)
- ж) замена опор при сохранении существующей продольной схемы моста с временным отводом земельных участков (без дополнительного землеотвода), необходимых для указанных целей, с последующей их рекультивацией; (в ред. Приказа Минтранса России от 25.11.2014 N 322)
- з) замена ограждений, перил и тротуаров;

К комплексу работ капитального ремонта по доведению параметров ремонтируемых участков автомобильной дороги и/или искусственных дорожных сооружений на них до значений, соответствующих ее фактической

технической категории, без изменения границ полосы отвода относятся следующие работы (в ред. Приказа Минтранса России от 07.11.2017 N 479) по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

а) замена элементов мостового полотна с усилением плит и заменой продольных и поперечных швов омоноличивания сталежелезобетонных пролетных строений;

б) удлинение, замена водопропускных труб;

в) восстановление несущей способности балок пролетных строений и опор с доведением грузоподъемности сооружения до нормативных значений;

г) изменение ширины тротуаров на искусственных сооружениях;

д) уширение пролетных строений без увеличения числа полос движения за счет увеличения ширины полос безопасности (путем добавления крайних балок пролетных строений не более двух с каждой стороны либо за счет тротуаров, путем увеличения консолей плиты крайних балок) с доведением их габаритов и грузоподъемности до параметров, установленных для данной категории автомобильной дороги; (в ред. Приказа Минтранса России от 07.11.2017 N 479)

е) устройство дополнительных вентиляционных штолен и шахт для тоннелей, устройство эвакуационных галерей, а также вентиляции, освещения, систем пожаротушения и связи;

ж) усиление пролетных строений и опор;

з) замена, обустройство недостающими ограждениями безопасности, требующие изменения конструктивных узлов балок пролетных строений;

и) устройство и переустройство берегозащитных и противоэрозионных сооружений, а также переустройство струенаправляющих дамб;

к) устройство грунтовых банкетов и берм для защиты откосов от размывов;

л) устройство противокампнепадных сеток.

3. Ремонт (текущий)

При ремонте проводятся следующие работы по искусственным и защитным дорожным сооружениям:

а) замена на новые отдельных балок пролетных строений (до 25%), ремонт оставшихся балок, ремонт или замена плит и других элементов

пролетных строений;

б) замена отдельных элементов опор;

в) замена отдельных звеньев и оголовков водопропускных труб, исправление изоляции и стыков водопропускных труб с удалением и восстановлением земляного полотна и дорожной одежды над трубами, расчистка подводящих и отводящих русел до проектных параметров;

г) устройство козырьков вдоль пролетов и сливов с горизонтальных поверхностей опор и пролетных строений;

д) устройство карнизов с фасадов пролетных строений;

е) замена, установка недостающих переходных плит, открьлков и шкафных стенок устоев;

ж) устройство и ликвидация временных объездов и искусственных сооружений при ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций;

з) замена швов омоноличивания балок пролетных строений; восстановление защитного слоя железобетонных конструкций, заделка трещин и другие работы по устранению повреждений;

и) установка лестничных сходов и устройство смотровых ходов;

к) замена деформационных швов;

л) частичная замена (до 25%) обделки тоннеля, восстановление гидроизоляции; восстановление системы вентиляции, освещения, штолен и скважин для освещения тоннелей и защиты от грунтовых вод; ремонт порталов, восстановление дорожной одежды с восстановлением (заменой) водоотводных лотков и др.;

м) восстановление конусов насыпей регуляционных сооружений, замена укрепления откосов, устройство, замена и восстановление лестничных сходов;

н) восстановление берегозащитных и противозерозионных сооружений;

о) замена системы водоотвода на мостовом сооружении и в узлах сопряжения с насыпью; восстановление сооружений химической и других видов очистки сточных вод;

п) замена ограждений, перил и тротуаров;

р) восстановление несущей способности тротуаров, перил и ограждений с восстановлением гидроизоляции и системы водоотвода;

- с) восстановление пешеходных переходов в разных уровнях;
- т) замена или ремонт смотровых приспособлений;
- у) полная замена окраски с удалением продуктов коррозии, зачисткой металла пролетных строений и нанесением грунтовки;
- ф) замена одежды мостового полотна одновременно с заменой деформационных швов, замена покрытия ездового полотна, замена покрытия тротуаров;
- х) восстановление подпорных стен, противолавинных галерей, навесов, берегозащитных и противоэрозионных сооружений, восстановление укрепительных и регуляционных сооружений, сооружений для защиты от наледей, оползней и др.;
- ц) восстановление постоянных снегозащитных и шумозащитных сооружений;
- ч) восстановление лесных насаждений, живых изгородей;
- ш) восстановление связей пролетных строений;
- щ) восстановление очистных сооружений (пп. "щ" введен Приказом Минтранса России от 07.11.2017 N 479);
- ы) замена и восстановление систем и элементов, обеспечивающих подъемку и разводку пролетных строений (пп. "ы" введен Приказом Минтранса России от 07.11.2017 N 479).

4. Организация и финансирование ремонта

Финансируют ремонты автодорожных мостов из средств бюджета, отпускаемого на ремонт и содержание дорог, на которых находятся мосты, или целевым назначением – для ремонта больших мостов. Суммы, ассигнуемые на текущие ремонты, предусматриваются в сметах на содержание дорог и мостов.

Капитальный ремонт мостов финансируется:

- 1) за счет специальных средств, выделяемых из местного бюджета и предусмотренных планом финансирования;
- 2) за счет средств организации, которые проводят работы, связанные с прокладкой подземных коммуникаций или освоением новых строительных площадок;
- 3) за счет средств от реализации материалов, полученных во время

разборки сооружений;

4) за счет средств, отчисляемых предприятиями на содержание дорог.

Капитальный ремонт мостов финансируется банками при наличии утвержденной проектно-сметной документации.

При выполнении сложных и ответственных работ по ремонту мостов в составе проектно-сметной документации должен разрабатываться проект организации работ, а при выполнении менее сложных обязательно составление графика работ.

В сметах могут предусматриваться суммы на производство непредвиденных работ в объеме до 4 % общей сметной стоимости. К смете прилагаются ведомости возвратных материалов, получаемых от разборки, подлежащих повторному применению или реализации.

Проектно-сметная документация должна быть согласована с подрядчиком и утверждена в установленном порядке. На основании утвержденной документации и в соответствии с планом в пределах ассигнований составляется и утверждается титульный список на капитальный ремонт мостов с указанием сроков выполнения работ.

1) Рекомендуется планировать выполнение работ в I квартале не менее 12% годового объема.

2) Во II квартале – не менее 28%.

3) В III квартале – не менее 35%.

4) В IV – оставшаяся сумма.

Важнейшим условием организации работ при ремонте мостов является обеспечение бесперебойности и безопасности движения автотранспорта. Время, на которое необходимо закрыть движение, должно быть оговорено в проекте производства работ на основе детально разработанного графика; там же следует предусмотреть последовательность и сроки выполнения отдельных операций. График закрытия движения должен быть согласован с заказчиком. Если движение закрывают на длительный период, следует устроить объездной участок дороги с постройкой временного моста.

Ремонтные работы можно выполнять при закрытии движения на одной половине моста. При этом необходимо организовать движение на не закрытой половине по челночному принципу с обеспечением безопасных условий труда и ограничения скорости движения автомобилей.

Лекция 12. Реконструкция и усиление инженерных сооружений

1. Реконструкция сооружений

Реконструкция – обеспечивает улучшение первоначальных транспортно-эксплуатационных качеств сооружения и доведение их до современных норм проектирования при износе элементов больше 60%. Реконструкция выполняется на основе изысканий (топографических, инженерно-геологических, инженерно-гидрологических) и проектно-сметной документации.

Примерный состав работ: Усиление, уширение, изменение статической схемы, увеличение подмостового габарита и габарита по высоте. Периодичность: при необходимости.

Реконструкция сооружения направлена на приведение его технических и моральных характеристик в соответствии с современными требованиями СП 35.13330.2011, ВСН 51-88).

В результате реконструкции могут быть изменены следующие основные транспортно-эксплуатационные параметры: *увеличен габарит проезда по мосту, увеличена грузоподъемность моста, увеличено отверстие моста, увеличен подмостовой габарит и т.д.*

Проектированию реконструкции должно предшествовать тщательное и квалифицированное обследование состояния конструкций моста.

Заказчик службы эксплуатации обязан подготовить для проектной организации задание на проектирование реконструкции, в котором должны быть отражены требования по улучшению условий эксплуатации моста после его реконструкции.

Различают следующие виды реконструкции:

1) Уширение пролетных строений, при котором существующие конструкции имеют достаточную несущую способность и увеличение их количества в поперечном направлении не приводит к снижению их грузоподъемности.

2) Уширение пролетных строений с усилением, при котором несущие элементы существующего моста имеют недостаточную грузоподъемность и уширение таких мостов необходимо производить с одновременным усилением старых конструкций.

3) Усиление элементов моста без уширения проезжей части в связи с потерей ими несущей способности вследствие физического износа, необходимостью пропуска более тяжелых нагрузок или укладки дополнительных инженерных коммуникаций.

4) Полная замена существующих пролетных строений моста на новые.

5) Полная перестройка моста:

– для увеличения отверстия моста (увеличивается количество пролетов или длины пролетов);

– для увеличения высоты подмостового габарита (наращиваются существующие опоры).

б) если мост мемориальный, главным условием является сохранение внешнего вида, архитектурных форм моста старинной постройки.

Например, реконструкция металлического моста в Киеве над Петровской аллеей, построенный в 1912г. по проекту Е. О. Патона. В 1983 г. старое пролетное строение было снято, а на его месте установлено новое, выполненное как копия старого. В Ленинграде в 1981 г. выполнена реконструкция Лаврского моста № 2 через р. Монастырку с сохранением архитектуры заменяемого. Материалом здесь послужила клееная древесина. Там же реконструирован Почтамтский мост через р. Мойку с сохранением цепей. В 2008 г. реконструкция Каменного моста в г. Томске.

Общие положения по уширению пролетных строений мостов

Уширение пролетных строений до 2 м можно осуществить с помощью перестановки тротуара или его исключением без усиления крайней балки, что зависит от состояния сооружения.

Уширение пролетных строений от 2 до 7 м целесообразно одним из трех способов:

1) приставными элементами сбоку с обязательным уширением опор, симметрично или несимметрично;

2) накладной плитой без уширения опор;

3) комбинированным способом – с приставными блоками и накладной плитой сверху.

При первом способе уширения пролетных строений к существующей конструкции добавляются новые приставные несущие элементы. Приставные

элементы желательно применять такой же формы, как и старые— плитные уширять плитными блоками, ребристые— ребристыми. При этом необходимо новые элементы обязательно соединять с элементами старой конструкции. Соединение должно быть простым, надежным и не менее жестким, чем соединения между старыми элементами.

Отсутствие объединения приставных элементов со старой конструкцией пролетного строения является грубейшей ошибкой, так как деформация их будет различной и весьма значительной, особенно вдоль шва, что вызовет разрыв проезжей части, протекание воды в образующиеся трещины и значительное снижение долговечности всех несущих элементов моста, что увеличит расходы на ремонтные работы во время эксплуатации.

Независимо от типа существующих конструкций уширение целесообразно производить предварительно напряженными элементами при возрасте бетона 30...40 суток. Вследствие ползучести бетона в течение времени эти конструкции будут стремиться выгнуться вверх под действием сил преднапряжения, разгружая при этом существующие старые элементы. Недостатком уширения мостов приставными элементами является необходимость уширения опор, а в ряде случаев и фундаментов.

Второй способ уширения пролетных строений является наиболее экономичным и приемлемым вариантом как для сборных, так и монолитных мостов с применением накладной плиты. Важным условием использования накладной плиты является объединение старой существующей и новой накладной конструкции в единое целое. Такое объединение увеличивает рабочую высоту сечения и, соответственно, несущую способность старого элемента. Также в случае применения накладной сборной или монолитной плиты улучшается пространственная работа пролетного строения, что особенно важно для сборных элементов с нарушенными поперечными связями.

Варианты уширения с применением накладной плиты. Для плитных и ребристых пролетных строений длиной до 18 м применяется накладная плита с вылетом консоли до 3 м. Для ребристых пролетных строений длиной от 18 до 24 м применяется накладная плита с вылетом консоли до 2 м. Для ребристых пролетных строений пролетом более 24 м накладную плиту применять нерационально.

При большем вылете консоли создается дополнительная нагрузка на опору, которая может превысить 50% первоначальной нагрузки, что

потребуется дополнительных мероприятий по увеличению несущей способности грунтового основания, фундамента и тела опоры. При уширении пролетных строений более чем на 7 м экономически целесообразна полная замена старого пролетного строения на новое пролетное строение.

Общие положения по уширению опор

При уширении опор, определяющим фактором, является их состояние, т.е. их фактическая несущая способность, наличие дефектов, снижающих долговечность, а также состояние русла реки. Достоверность оценки несущей способности опор очень сложна из-за того, что фундаментная часть мало доступна для обследования. Поэтому заключение о состоянии опор, как правило, может быть дано на основании специальных обследований подводных и надводных частей сооружения и после испытания мостов. На основании статистических данных, установлено, что в большинстве случаев в основаниях и фундаментах наиболее распространенных типов опор мостов, требующих уширения, не обнаружены дефекты, снижающие долговечность и несущую способность. Опоры имеют существенные запасы по грузоподъемности за счет повышения со временем несущей способности грунтов. Расчеты существующих фундаментов показали, что фундаменты на естественном основании можно догружать, т. е. увеличивать нагрузку сверх расчетной нагрузки до 40 %, а свайные фундаменты – до 30%.

Уширение массивных, столбчатых или многостоечных опор можно выполнять без уширения фундаментов, используя эффект упрочнения грунтовых оснований в результате длительного нагружения.

При уширении свайных опор, необходимо обеспечить связь новых частей опоры со старыми элементами, а также максимально снизить возможность осадки новых свай.

Уширять фундаменты массивных, стоечных или столбчатых опор можно только на безосадочном основании, т.е. скальные и крупнообломочные грунты, плотные глины и т. п., либо после упрочнения этих грунтов до безосадочных.

Правила разработки проекта реконструкции моста

Исходными данными для разработки проекта реконструкции являются:

- 1) результаты обследования, а при необходимости испытания моста с оценкой технического состояния и грузоподъемности сооружения;
- 2) материалы инженерно-геологических и гидрологических изысканий;

3) топографические данные.

При наличии документации на мост (проект, исполнительная документация, геологические данные, результаты предыдущего обследования и испытания, сведения о ремонтах) разработка проекта реконструкции может осуществляться без дополнительных изысканий. При этом давность материалов обследования не должна превышать двух, а испытания – пяти лет. При разработке проекта реконструкции моста необходимо максимально использовать существующие конструкции, предусматривая удаление их из состава сооружения лишь в том случае, если доказана невозможность их дальнейшего использования при измененном режиме эксплуатации. Пригодные по несущей способности и с восстанавливаемой работоспособностью элементы пролетных строений необходимо, как правило, использовать на том же объекте и в том же пролете с минимальным объемом работ по их демонтажу и установке в новое проектное положение.

Опоры мостов с фундаментами, имеющими недопустимые осадки, крены, сдвиги, размывы или другие деформации, могут быть использованы при уширении и усилении мостов только при условии их капитальной перестройки.

Допускается без предварительных расчетов использование массивных опор постройки до 1962 г. без уширения фундамента, при следующих условиях:

– в существующей опоре фундамент на естественном основании имеет заложение на глубину более 2 м или свайный фундамент с длиной свай свыше 7 м;

– в основании опоры имеются глинистые грунты с показателем текучести $J_L \leq 0,4$ (к таковым относятся твердые, полутвердые, тугопластичные глины, супеси, суглинки и другие глинистые грунты), а также крупные или средние пески;

– тело опоры требует уширения на величину до 2 м с каждой стороны.

Для мостов постройки после 1962 г. возможно без предварительных расчетов использование при уширении свайных опор, не затрагивая фундаментов, при условии симметричного уширения ригеля опоры до 1,5 м в каждую сторону. При уширении других типов опор постройки после 1962 г. обязательно выполняется специальный расчет.

2. Усиление сооружений

Усиление конструкций – увеличение несущей способности конструкций до требуемой величины.

1. Восстановление несущей способности до проектной величины.

В зависимости от задач такое усиление может быть следующих видов:

- *аварийное* – выполняется в экстренных случаях для срочного восстановления несущей способности - принимаются простые, но надежные конструктивные решения, рассчитанные на короткий срок эксплуатации до постоянного (капитального) усиления.
- *временное* – для обеспечения нормальной эксплуатации по выполнения постоянного усиления
- *постоянное (капитальное) усиление* – основной вид усиления.

2. Повышение несущей способности конструкции сверх предусмотренной проектом - при увеличении нагрузок.

Классификация по степени напряжений в конструкции при усилении:

- *под полной нагрузкой* (возможно при уровне напряжений до 80%) – наиболее сложный и ответственный вид усиления.
- *с частичной нагрузкой* – наиболее распространен и предполагает отсутствие во время усиления временных нагрузок (снег, кран).
- *с полной разгрузкой* – применяется при аварийно-восстановительных работах.

Особенности проектирования усиления конструкций

Усиление конструкций выполняется по специально разработанному проекту усиления. Особенности проектирования усиления:

- проектированию предшествует большой объем подготовительных работ (детальное обследование конструкций);
- стесненные условия, ограничения по использованию грузоподъемных механизмов, безопасность труда;
- вариантное проектирование; выбор по критериям: продолжительность; сложность; стоимость;
- учет уровня фактических напряжений при усилении конструкций под нагрузкой;

- необходимость "включить в работу элементы усиления" - обеспечить надежную совместную работу элементов усиления и конструкции;
- учет увеличения габаритов строительных конструкций.

Выявление резервов несущей способности

- позволяет уменьшить объем работ по усилению.

Необходимо проанализировать возможные резервы несущей способности за счет:

- учет фактических прочностных характеристик и размеров сечений
- уточнения внутренних усилий (учет пространственной работы, фактических условий соединения и опирания, фактических значений нагрузок)
- учета включения в работу ограждающих и других вспомогательных конструкций.

При усилении мостов могут применяться новые экономичные методы усиления путем установки в опасных зонах дополнительной арматуры, которая объединяется с существующей арматурой и бетоном с помощью полимеррастворов на основе эпоксидных и полиэфирных смол. В качестве дополнительной арматуры усиления принимается листовая сталь, которая по сравнению со стержневой арматурой имеет более развитую площадь контакта, что обеспечивает равномерное включение приклеенной арматуры в зону бетонного сечения.

Достоинством применения полимеров для усиления мостов является их высокая клеящая способность к стали и бетону, что обеспечивает стойкость и долговечность сооружений. Высокая прочность усиливаемых элементов в раннем возрасте позволяет быстро вводить сооружение в эксплуатацию. С помощью полимеррастворов можно устранять и другие имеющиеся дефекты старой конструкции.

В настоящее время во многих странах широко применяются стеклофибробетонные конструкции. Несмотря на высокую стоимость щелочеустойчивого стекловолокна, применение стеклофибробетона в строительных конструкциях является эффективным из-за малого процента армирования, снижения трудоемкости за счет отсутствия арматурных работ. Учитывая высокую прочность на истираемость стеклофибробетона,

целесообразно использовать его при устройстве накладной плиты проезжей части, а также при укладке защитного слоя или в тротуарных блоках.

3. Усиление конструкций полимерными материалами (углеволокном)

Метод усиления конструкций углеволокном представляет собой – технологию внешнего армирования строительных конструкций композитными материалами на основе углеродных волокон.

Усиление конструкций углеволокном – относительно новый для России метод – первые реализованные в нашей стране объекты датированы 1998 годом. Заключается этот метод в наклеивании на поверхность конструкции высокопрочного углеволокна, воспринимающего на себя часть усилий, тем самым повышая несущую способность усиленного элемента. В качестве клея применяются специальные конструкционные адгезивы (связующее) на основе эпоксидных смол, либо минерального вяжущего. Благодаря высоким физико-механическим характеристикам углеволокна, повысить несущую способность конструкции можно практически без потери полезного объема помещений и увеличения собственного веса здания – толщина усиливающих элементов обычно составляет от 1 до 5 мм.



Следует понимать, что «углеволокно» - это материал (например, как бетон), а не конечное изделие.

Из углеволокна изготавливают целый набор материалов, некоторые из которых применяются в строительстве – [углеродные ленты, ламели и сетки](#).

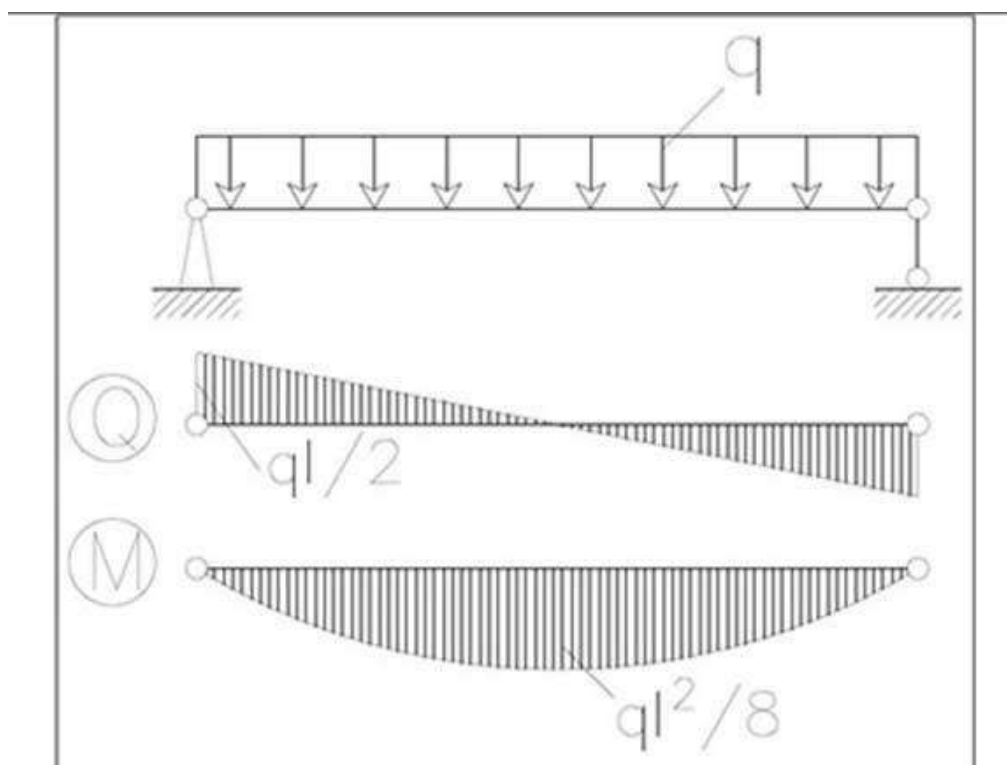
В подавляющем большинстве случаев усиление углеволокном применяется для железобетонных конструкций – это обусловлено высокими технико-экономическими показателями реализации таких проектов.

Однако, данная технология применима и к металлическим, деревянным и каменным зданиям и сооружениям.

Конструктивные решения

При проектировании усиления конструкций углеволокном необходимо руководствоваться Сводом правил СП 164.1325800.2014 "Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования."

Усиление плит перекрытий и балок выполняется путем наклейки углеволокна в наиболее напряженных зонах – обычно в центре пролета по нижней грани конструкции. Это повышает их несущую способность по изгибающим моментам. Для решения таких задач подходят все виды углеродных материалов – ленты, ламели и сетки.







Кроме того, для балок часто требуется выполнить **усиление приопорных зон** на повышение несущей способности при действии поперечных сил (по наклонной трещине). Для этого выполняется наклейка U-образных хомутов из углеродных лент, или сеток.



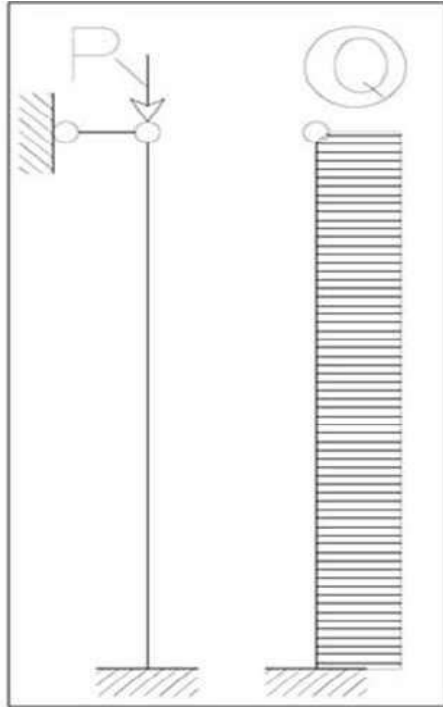
Углеродные ленты и ламели иногда применяются в совокупности, так как их способ монтажа и адгезивные составы схожи. Применение углеродных сеток, как правило, исключает использование лент и ламелей в связи с производством «мокрых» видов работ.

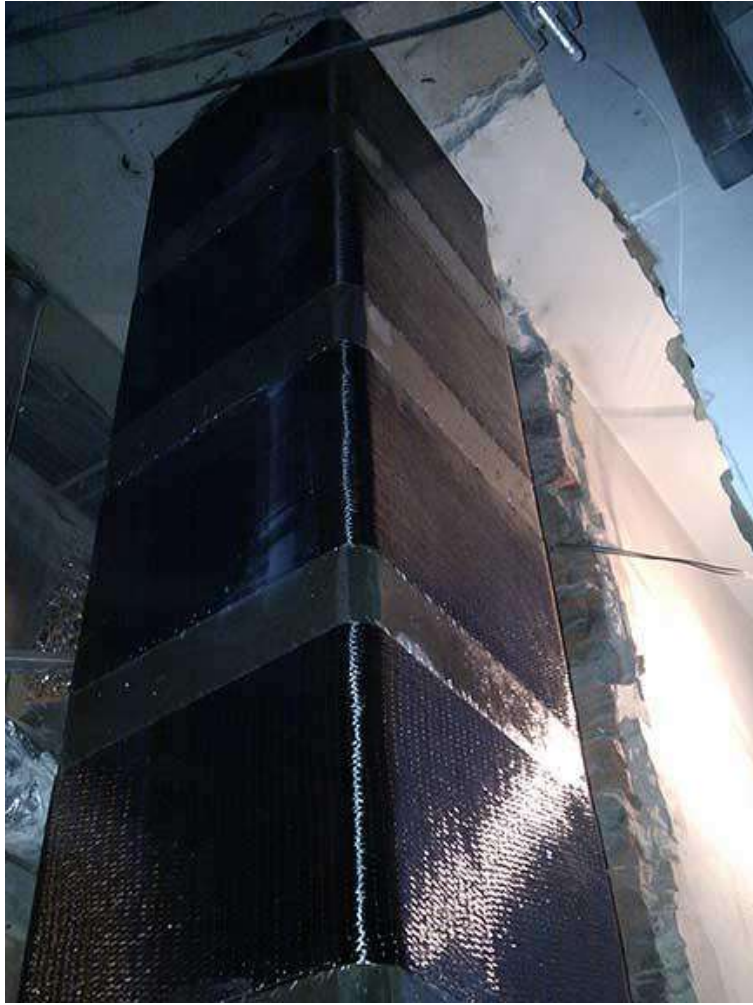


Усиление колонн происходит путем их оклейки углеродными лентами, или сетками в поперечном направлении. Таким образом достигается эффект «бондажирования» и происходит сдерживание поперечных деформаций бетона по схожему принципу с «бетоном в трубе», или «трехосным сжатием».

Выполнение работ. Подготовка поверхности.

При усилении железобетонных конструкций углеволокном **выполнение работ начинается с разметки конструкции** – отчерчиваются зоны в которых будут располагаться элементы усиления. Затем эти зоны **очищаются от отделочных материалов, загрязнений и цементного молочка** до обнажения крупного заполнителя бетона. Для этого применяют, либо угол-шлифовальные машинки с алмазными чашками, либо водопескоструйные установки.





Качество подготовленного основания (поверхности на которую приклеивают углеволокно) напрямую влияет на совместность работы конструкции с элементом усиления, поэтому **при подготовке основания, в обязательном порядке, контролируют** следующие параметры:

- ровность поверхности;
- прочность и целостность материала усиливаемой конструкции;
- температуру поверхности конструкции;
- отсутствие загрязнений и пыли;
- влажность;
- и другие (полный перечень и допустимые значения контролируемых параметров приводятся в технологических картах на выполнение строительных работ).

Приготовление компонентов

Углеродные материалы поставляются смотанными и упакованными в полиэтилен. Очень важно не испачкать их в пыли, которой после шлифования бетона будет очень много, иначе **углеродное волокно невозможно будет пропитать связующим**, т.е. получится производственный брак. Поэтому, заготовительную зону следует застелить плотным полиэтиленом и уже по нему отматывать требуемую длину углеродного материала. Обрезка углеродных лент и сеток может осуществляться канцелярским ножом, или ножницами по металлу, а углеродных ламелей – угол-шлифовальной машинкой с отрезным кругом по металлу.

Адгезивы, как правило, применяются двухкомпонентные – т.е. требуется смешивать два материала в определенной пропорции. Необходимо четко следовать инструкции производителя и **при дозировании использовать весы, или мерную посуду**. Смешивание составов происходит путем постепенного добавления одного компонента в другой при постоянном перемешивании низко оборотистой дрелью. **Ошибки дозирования, или неправильное вмешивание одного компонента в другой, могут привести к закипанию адгезива.**

В последние годы, большинство производителей поставляют адгезив в комплектах – т.е. в двух ведрах с уже дозированными объемами компонентов. Таким образом можно просто вмешать содержимое одного

ведра в другое (ведро специально поставляется большего объема (полупустым)) и получить готовый адгезивный состав.

Полимерцементные адгезивы (для углеродных сеток) поставляются в мешках и затворяются водой согласно инструкции, как любой ремонтный материал.

Следует помнить, что **адгезив имеет ограниченный срок жизни** – порядка 30-40 минут и он резко сокращается при повышении температуры выше 20°C, поэтому объем приготовляемого адгезива не должен превышать физических возможностей его выработки.

Монтаж углеволоконных материалов.

В зависимости от вида углеволоконного материала технология его монтажа существенно отличается:

Монтаж углеродных лент может осуществляться по «мокрому», или «сухому» методу. В обоих случаях на основание наносится слой адгезива, но при «мокром» методе углеродная лента сначала пропитывается адгезивом, а потом прикатывается валиком к основанию, а при «сухом» - лента прикатывается к основанию, а потом сверху ее пропитывают слоем адгезива. Пропитка углеродной ленты осуществляется путем нанесения на ее поверхность слоя адгезива и вдавливания его малярным валиком, или шпателем, добиваясь того, что бы верхний слой связующего проник вглубь углеволокна, а нижний слой связующего вышел наружу. Углеродные ленты могут укладываться в несколько слоев, но при наклейке на потолочную поверхность, не рекомендуется за одну смену выполнять более 2-х слоев – материал начинает «сползать» под собственным весом.

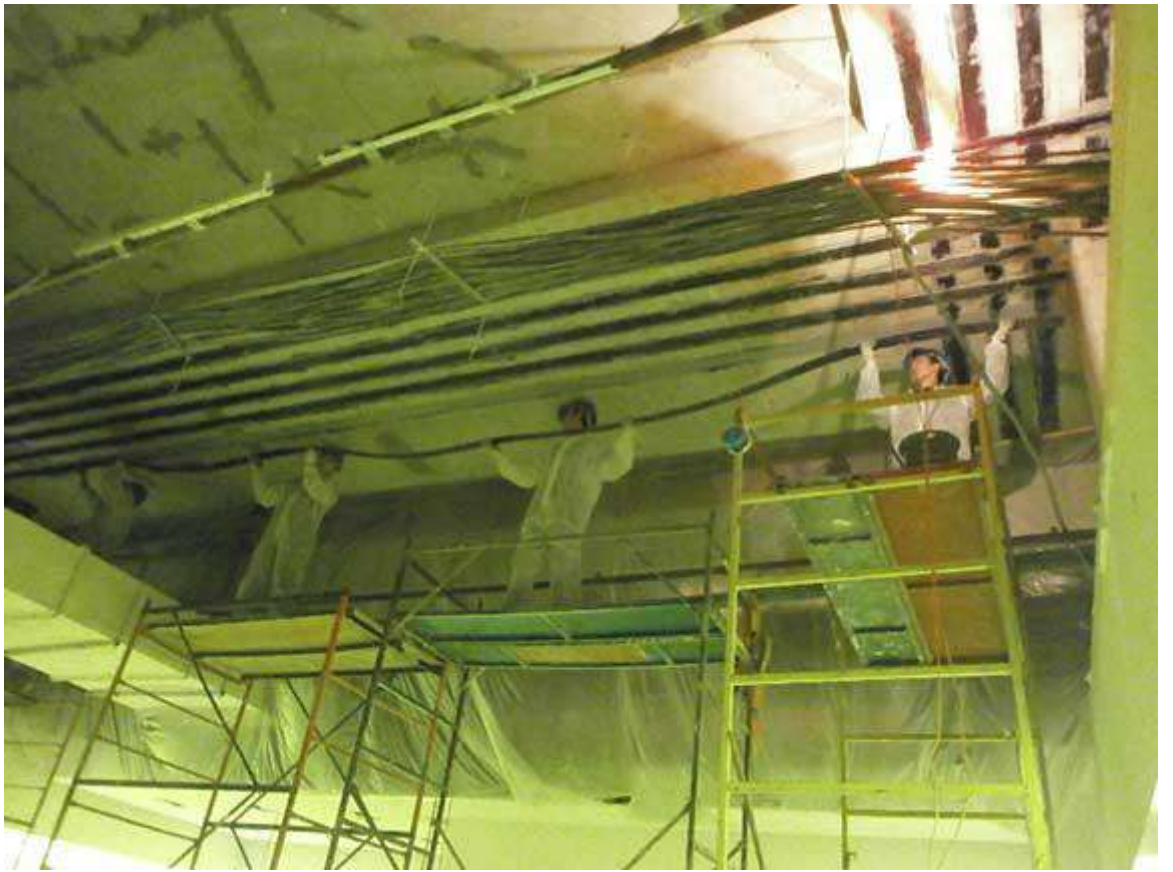




Следует помнить, что после полимеризации адгезива, его поверхность будет гладкой и качественно нанести на нее отделку будет невозможно. Поэтому, еще по «свежему» элементу усиления необходимо нанести слой крупного песка.

При **монтаже углеродных ламелей** адгезив наносится и на конструкцию, и на усиливающий элемент. После этого, ламель прикатывается к основанию малярным валиком, или шпателем.





Монтаж углеродной сетки выполняется на увлажненную поверхность бетона. Сначала наносится первый слой полимерцементного состава. Он может наноситься как ручным, так и механизированным способом – [торкретом](#). По «свежему» слою полимерцемента раскатывается углеродная сетка с небольшим вдавливанием в состав. Удобнее всего это делать шпателем. Затем необходимо выдержать технологическую паузу до начала схватывания состава. Срок схватывания зависит от выбранного состава и температуры окружающей среды, но требуемое состояние – полимерцемент с трудом продавливается пальцем. После этого наносится закрывающий слой полимерцемента.



Защитные покрытия.

Необходимо помнить, что **адгезивы на основе эпоксидных смол горючи**, а кроме того – подвержены охрупчиванию при воздействии ультрафиолетовых лучей. Поэтому, применяя их необходимо предусматривать огнезащиту элементов усиления на класс огнестойкости не ниже заявленного для усиливаемой конструкции.

