

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОСТОВ
И ДЕФЕКТОСКОПИИ

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель начальника
Управления пути и сооружений
Центральной дирекции
инфраструктуры – филиала
ОАО «РЖД»

*Утверждается
проектный рисунок
и климатическая*



И.Ю.Малинин
И.Ю.Малинин

» 09

2011 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ КОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ ФИРМЫ «МАРЕИ»
ДЛЯ РЕМОНТА И УСИЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

РАЗРАБОТАНО:

И.о. директора НИИ мостов



Г.Я. Дымкин
Г.Я. Дымкин

» 09 2011 г

Заведующий отделением ИССО

В.В.Кондратов

В.В.Кондратов

« 28 » 09 2011 г

г. Санкт-Петербург
2011 г.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОСТОВ
И ДЕФЕКТОСКОПИИ

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель начальника
Управления пути и сооружений
Центральной дирекции
инфраструктуры – филиала
ОАО «РЖД»

_____ И.Ю.Малинин

« _____ » _____ 2011 г.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ КОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ ФИРМЫ МАРЕИ
ДЛЯ РЕМОНТА И УСИЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ**

РАЗРАБОТАНО:

И.о. директора НИИ мостов

_____ Г.Я. Дымкин

« _____ » _____ 2011 г

Заведующий отделением ИССО

_____ В.В.Кондратов

« _____ » _____ 2011 г

г. Санкт-Петербург
2011 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зав. отделом искусственных сооружений, к.т.н. В.В. Кондратов.
Вед. н.с., к.т.н И.В. Рупасова

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	4
1.	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2.	ОБСЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ	6
2.1	Обследование пролетных строений	7
2.2	Обследование опор	8
2.3	Характерные дефекты, разрушения и повреждения бетонных и железобетонных конструкций искусственных сооружений железных дорог ОАО «РЖД»	9
3.	ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА	12
3.1	Требования к бетону и арматуре	12
3.2	Требования к композиционным материалам	12
3.3	Требования к клеевым стыкам	12
3.4	Требования к усилению железобетонных конструкций композитными материалами.	13
3.5	Требования к усилению каменных конструкций.	13
3.6	Требования к ремонтируемой поверхности	14
4.	МАТЕРИАЛЫ ТОРГОВОЙ МАРКИ MAPEI ДЛЯ РЕМОНТА И УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	15
4.1	Анализ характеристик углепластиковых материалов для ремонта и усиления эксплуатируемых железнодорожных железобетонных мостов	15
4.2	Материалы для усиления железобетонных конструкций	19
4.2.1	Углеволоконная ткань MapeWrap C UNI-AX, MapeWrap C UNI-AX HM	19
4.2.1.1	Mapewrap Primer 1	22
4.2.1.2	Шпаклевки MapeWrap 11 или MapeWrap 12	23
4.2.1.3	Mapewrap 21	25
4.2.1.4	MapeWrap 31	27
4.2.2	Углеволоконная ткань MapeWrap C BI-AX	30
4.2.3	Углеволоконная высокопрочная ткань перекрестно-диагонального плетения MapeWrap C QUADRI-AX	33
4.2.4	Пластины (ламели) из углеродных волокон CARBOPLATE	38
4.2.5	MapeWrap C Fiocco, MapeWrap G Fiocco	38
4.2.6	Maperod C 150/10	42
5.	КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	43
5.1	Входной контроль	43
5.2	Операционный контроль	43
5.3	Приемочный контроль	43
6.	ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ	45
6.1	Общие положения	45
6.2	Приспособления и устройства для безопасного ведения работ.....	46
6.3	Техника безопасности при работе с полимербетонами и эпоксидными смолами.....	47
6.4	Меры безопасности при обслуживании машин, механизмов и приспособлений, применяемых при ремонтных работах	47
6.5	Меры безопасности при приготовлении и установке эпоксидных систем	48
7.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	49
7.1	Общие положения	49
7.2	Основные расчетные положения.....	49
7.3	Расчеты	51
7.3.1	Расчет по прочности нормальных к продольной оси сечений по условию равновесия усилий.....	51
7.3.2	Расчет по предельным состояниям первой группы.....	53
8.	ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ	62
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	64
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. РЕМОНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЯ В СИСТЕМЕ MAPEWRAP	66

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие Технические указания разработаны Научно-исследовательским институтом мостов на основе анализа применения материалов торговой марки MAPEI, используемых в России для ремонта и усиления эксплуатируемых железобетонных мостов.

Технические указания предназначены для инженерно-технических специалистов, осуществляющих ремонт, усиление и научное сопровождение ремонта и усиления эксплуатируемых железобетонных мостов.

Технические указания составлены для практического применения при ликвидации дефектов, допущенных в ходе строительства и разрушений, возникших в период эксплуатации сооружений, требующих ремонта и усиления.

ЗАО «МАПЕИ» – российское подразделение группы компаний MAPEI Италия – поставляет на строительный рынок полный ассортимент материалов, предназначенных для ремонта и усиления эксплуатируемых железобетонных мостов.

Все материалы, поставляемые ЗАО «МАПЕИ» в Россию, имеют санитарно-эпидемиологические заключения, выданные санитарно-эпидемиологической службой Российской Федерации, и сертификаты соответствия.

В Технических указаниях приведены характеристики углепластиковых материалов для ремонта и усиления эксплуатируемых железнодорожных железобетонных мостов, прописаны правила производства работ, требования к материалам и технологии выполнения работ материалами, поставляемыми MAPEI. Работы по ремонту и усилению эксплуатируемых железобетонных мостов могут проводиться только специализированными бригадами по разработанным технологическим картам, утвержденным Заказчиком, при необходимости – с техническим сопровождением специалистов из ЗАО «МАПЕИ».

При выборе материалов для ремонта и усиления эксплуатируемых железобетонных мостов Заказчик вправе провести дополнительные испытания материалов для подтверждения в правильности выбранного им материала для ремонта и усилению конструкций.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящие Технические указания (далее ТУ) распространяются на ремонт и усиление эксплуатируемых железобетонных мостов из материалов торговой марки МАРЕИ и содержат указания по технологии производства работ с этими материалами.

До недавнего времени основными элементами усиления конструкций являлись стальные элементы (металлический профиль, стальные листы, стяжки и т.п.). Вместе с тем, параллельно, в течение многих десятилетий, в аэрокосмической и авиационной промышленности применялись композиционные материалы, армированные углеродным, арамидным, полиэфирным и стекловолокнами в виде холстов и ламелей. Их преимуществами являются высокие прочность, долговечность и модуль упругости, малый вес, технологичность, невосприимчивость к агрессивным внешним факторам, способность повторять практически любые формы конструкции.

Для каждого вида ремонта и усиления элементов эксплуатируемых железобетонных мостов в ТУ приведены общие требования к исполнению, основные материалы и оборудование, перечислены технологические операции, даны указания по организации процесса в целом. В ТУ указаны меры, необходимые для обеспечения безопасности движения поездов и охраны труда при выполнении ремонтных работ. ТУ предназначены для корректного выбора материалов и технологии выполнения работ по ремонту и усилению эксплуатируемых железобетонных мостов. Необходимость ремонта и усиления эксплуатируемых железобетонных мостов, сроки и объемы работ определяются по результатам обследований, проведенных в соответствии со СНиП 3.06.07-86 [1] и в соответствии с Техническими условиями на проведение планово-предупредительных ремонтов инженерных сооружений железных дорог России [2].

Работы следует выполнять в соответствии с проектом, составленным и утвержденным в установленном порядке.

При организации работ наряду с указаниями настоящих ТУ необходимо руководствоваться:

- Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [3];
- Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации [4];
- Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ [5];
- Инструкцией по содержанию искусственных сооружений [6];
- Правилами по охране труда при содержании и ремонте железнодорожного пути и сооружений [7].

Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ по реконструкции и капитальному ремонту инженерных сооружений [8].

При выполнении отдельных видов ремонта и усиления надлежит соблюдать требования ряда других нормативных документов, на которые даны ссылки в соответствующих пунктах настоящих ТУ.

1.2 Ремонт и усиление эксплуатируемых железобетонных мостов должен проводиться при обеспечении безопасности движения и, по возможности, без нарушения графика движения поездов. Продолжительность перерывов должна быть минимальной. По возможности следует использовать «окна», предусмотренные в графике движения.

На каждом объекте работы должны проводиться в три этапа:

- подготовительный;
- основной;
- заключительный.

Подготовительные работы необходимо выполнять в возможно большем объеме, с тем чтобы предельно уменьшить длительность основных работ, проводимых в «окно». На время выполнения подготовительных, основных и заключительных работ место работ должно быть ограждено соответствующими сигнальными знаками. При этом ограждение должно отвечать требованиям Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ [5], а также Инструкции по сигнализации на железных дорогах [9].

1.3 В ходе выполнения ремонтных работ необходимо выполнять требования проекта и оформлять исполнительную документацию (акты, журналы работ), проверять соответствие примененных материалов действующим нормативным документам. Обеспечить качество работ, осуществлять пооперационный контроль на всех этапах и стадиях технологического процесса.

По окончании ремонта и усиления должна проводиться приемка работ. Порядок приемки установлен Инструкцией по содержанию искусственных сооружений [6].

Ремонт опор, пролетных строений, тоннелей, труб в зависимости от объема и сложности может проводиться с привлечением специализированных ремонтно-строительных организаций. Надзор, в том числе контроль на всех основных этапах работ, и приемку работ должен проводить Заказчик и работники, специально назначенные начальником дистанции или службы пути.

Приемка законченных работ, выполнявшихся по проектам, должна проводиться комиссиями, назначенными инстанциями, утвердившими проекты, и оформляться актами, утверждаемыми указанными инстанциями. Приемка работ проводится на основании исполнительной документации.

2. ОБСЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

Капитальный ремонт и усиление несущих конструкций невозможно проводить без тщательной диагностики существующего сооружения или его отдельных узлов, выполнения предварительного и детального обследования. Диагностика несущих конструкций позволяет не только выявить степень ее износа, но и определить причины этого явления. Все это можно выполнить с помощью современных приборов для диагностики и неразрушающего контроля строительных материалов и конструкций.

При предварительном осмотре фиксируются дефекты и повреждения, снижающие несущую способность, жесткость и долговечность железобетонных конструкций: степень и площадь повреждений защитных покрытий; изменение цвета бетона, высолы и масляные пятна на поверхности; снижение прочности бетона; наличие раковин и отколов в бетоне, оголение арматуры; нарушение сцепления арматуры с бетоном (по глухому стуку при простукивании, при наличии отслоения звук дребезжащий); отход анкеров от пластин закладных деталей из-за коррозии стали в сварных швах и смещение закладных деталей; заметные на глаз прогибы конструкций; трещины раскрытием свыше 0,5 мм и признаки разрушения сжатых элементов; непроектное выполнение узлов сопряжения; смещение конструкций в узлах и стыках и т.п.

Наличие коррозии стальной арматуры устанавливается визуально путем непосредственного осмотра оголенной арматуры, а также косвенно по появлению продольных трещин в защитном слое бетона или выступов продуктов коррозии стали на поверхности бетона.

При выполнении предварительного осмотра устанавливаются зоны с нарушением нормальных условий эксплуатации конструкций: увлажнение, попеременное замораживание-оттаивание в водонасыщенном состоянии, проливы технологических растворов и нефтепродуктов вблизи и над источниками теплоизлучения, вибрация и ударные нагрузки и т.п.

Внешними признаками нарушения нормальных условий эксплуатации являются: изменение цвета бетона на поверхности конструкций, высолы, мокрые и масляные пятна, ржавчина, шелушение и растрескивание бетона; трещины вдоль арматуры, отслоение защитного слоя, коррозия арматуры и др.

По результатам предварительного осмотра с учетом выявленных дефектов и повреждений на момент обследования конструкция относится к одной из четырех категорий состояния:

I - конструкция удовлетворяет предъявляемым требованиям по несущей способности, жесткости и трещиностойкости. Долговечность конструкции, по сравнению с проектной, не снижена.

Характерные признаки: на поверхности бетона отсутствуют дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности, или имеются отдельные раковины, поры, выбоины, волосные трещины. Антикоррозионная защита конструкций и закладных деталей не нарушена. При вскрытии поверхность арматуры не имеет признаков коррозии. Глубина нейтрализации бетона защитного слоя не превышает половины его толщины. Прочность бетона не ниже проектной. Прогиб и ширина раскрытия трещин не превышают предельно допустимых значений.

II - конструкция удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям по несущей способности, жесткости. Долговечность конструкции снижена.

Характерные признаки: изменен цвет бетона вследствие пересушивания, шелушение граней вследствие замораживания-оттаивания в водонасыщенном состоянии, на поверхности бетона мокрые или маслянистые пятна, высолы, небольшие сколы, оголение арматуры, на участках с недостаточной толщиной защитного слоя следы коррозии рабочей и распределительной арматуры. При вскрытии поверхность арматуры имеет коррозию в виде отдельных точек и пятен, язв и пластинок ржавчины нет. Уменьшение площади поперечного сечения вследствие коррозии не превышает 5%. Антикоррозионная защита конструкций и закладных деталей нарушена. Глубина нейтрализации бетона защитного слоя не превышает его толщины. Прочность бетона не ниже проектной. Прогиб не превышает предельно допустимого значения.

III - конструкция не удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям по несущей способности, трещиностойкости или жесткости.

Характерные признаки: имеются повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности, но на момент обследования не угрожающие безопасности работающих, продольные трещины вдоль рабочей арматуры в пролете, пластинчатая ржавчина на арматуре и закладных деталях. Потеря площади сечения рабочей арматуры вследствие коррозии превышает 5%, трещины в сжатой зоне. Прочность бетона ниже проектной на 20% и более. Нарушение крепления поперечной арматуры к продольной. Пропитка бетона нефтепродуктами в пролете. Уменьшение площади опирания конструкции по сравнению с проектной. Прогиб конструкций превышает предельно допустимое значение более чем на 30%.

IV - конструкция не удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям по несущей способности. Существует угроза безопасности работающих.

К признакам, характеризующим аварийность железобетонных конструкций, относятся: отслоение защитного слоя и продольные трещины вдоль рабочей арматуры в зоне ее анкеровки с явными признаками коррозии арматуры; пропитка нефтепродуктами в зоне анкеровки рабочей арматуры, снижающая ее сцепление с бетоном; уменьшение в результате коррозии поперечного сечения рабочей арматуры в растянутой зоне на 50%; разрывы отдельных стержней рабочей продольной и поперечной арматуры; в зоне среза – наклонные трещины, пересекающие растянутую и сжатую зоны; в пролете конструкции – нормальные трещины с разветвленными концами; выпучивание сжатой арматуры с признаками разрушения бетона сжатой зоны; деформации закладных деталей с расстройством стыков; уменьшенная против требований норм площадь опирания сборных конструкций; значительные (более 1/50 пролета) прогибы изгибаемых элементов при наличии трещин в растянутой зоне с раскрытием более 0,5 мм. [10] Категория технического состояния конструкции в процессе детального обследования и поверочных расчетов уточняется. Исходя из категории состояния выбираются методы восстановления и усиления конструкций.

2.1 Обследование пролетных строений

2.1.1 Обследования мостов следует проводить по заранее разработанным программам, составленным исполнителями работ с учетом предложений заинтересованных организаций в соответствии с СНиП 3.06.07-86 [1].

Работы по обследованию и испытаниям мостов и труб необходимо выполнять с соблюдением правил охраны труда и техники безопасности, изложенных в СНиП 12-03-2001 [11] и СНиП 12-04-2002 [12], а также правил, приведенных в приложении 1 СНиП 3.06.07-86 [1].

При обследовании мостов и труб выполняются следующие основные виды работ:

- а) ознакомление с технической документацией;
- б) осмотр сооружения;
- в) контрольные измерения и инструментальные съемки.

Прочность бетона может определяться как неразрушающими, так и разрушающими методами: испытанием выбуренных или выпиленных образцов (ГОСТ 10180-90 [14]), ультразвуковым методом (ГОСТ 17624-87 [15]), методом отрыва со скалыванием, методом скалывания ребра конструкции, методом отрыва, методом пластической деформации и упругого отскока (ГОСТ 22690-88 [16]).

Объем испытания принимается в зависимости от поставленной задачи.

При оценке прочности одной конструкции или отдельной зоны конструкции – не менее 3-х участков в расчетных сечениях или в зоне с пониженной прочностью конструкции.

При оценке средней прочности группы однотипных конструкций – не менее 9-ти участков в расчетных сечениях конструкций.

При оценке средней прочности и коэффициента вариации прочности бетона группы однотипных конструкций – не менее 30-ти участков, если в качестве единичного значения принимается прочность бетона участка или 9 участков (по 3 участка на конструкцию), если в качестве единичного значения принимается средняя прочность бетона конструкции или ее зоны.

2.1.2 В зависимости от состояния сооружения и поставленных при обследовании задач могут также выполняться дополнительные виды работ:

- контроль качества материалов с помощью неразрушающих методов (например, ультразвуковых, склерометрических);
- местные вскрытия арматуры в железобетонных элементах (для выявления состояния арматуры, а также подтверждения результатов, полученных посредством неразрушающих методов);
- изъятие образцов материалов для выполнения лабораторных испытаний (при обнаружении несоответствия примененных материалов установленным требованиям);
- организация длительных инструментальных наблюдений;

Изъятие образцов материалов может проводиться только из второстепенных и ненапряженных частей и элементов сооружения. Места в конструкции, где изъяты образцы, должны быть заделаны (перекрыты), а при необходимости – усилены.

2.1.3 При обследовании мостов следует применять систему обозначений и счета элементов сооружения, принятую в технической документации. Эта система должна использоваться как в полевых, так и в отчетных документах по обследованию.

2.1.4 При обследовании мостов и труб должны быть отмечены и оценены по их значимости неисправности (недоделки, дефекты, повреждения), обнаруженные в сооружениях.

2.2 Обследование опор

2.2.1 Для правильного выбора материалов и технологии ремонта опор необходимо произвести подробное обследование их технического состояния в соответствии со СНиП 3.06.07-86[1]; СНиП 2.05.03-84 [17]; ВСН 4-81 [18].

При ремонте и усилении опор должно предусматриваться устранение причин, вызвавших появление дефектов.

2.2.2 При обследовании опор мостов выполняются следующие основные виды работ:

- а) ознакомление с технической документацией (архивные материалы, относящимися к постройке и эксплуатации данного сооружения);
- б) осмотр сооружения;
- в) контрольные измерения и инструментальные съемки.

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.).

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.

2.2.3 При обследовании мостов следует применять систему обозначений и счета элементов сооружения, принятую в технической документации. Эта система должна использоваться как в полевых, так и в отчетных документах по обследованию.

2.2.4 При обследовании мостов должны быть отмечены и оценены по их значимости неисправности (недоделки, дефекты, повреждения), обнаруженные в сооружениях.

2.2.5 Для правильного выбора плана профилактических или ремонтных работ в процессе предремонтного обследования опор мостов помимо определения стандартных физико-механических характеристик бетона (прочность, сохранение защитным слоем пассивирующих свойств по отношению к арматуре, содержание хлоридов, состояние самой арматуры и т.д.) необходимо производить дополнительные работы, связанные с оценкой состояния бетонов опор и их заполнения. В частности, следует определить плотность, влажность, водопоглощение, пористость (объем межзерновых пустот, показатели однородности открытых капиллярных и некапиллярных пор, их средний размер и т.д.).

2.2.6 Основной причиной разрушения круглых свай и оболочек стоечных опор мостов является постоянно действующий капиллярный подсос воды, который приводит к неравномерной скорости гидратации цементного камня и появлению межструктурной «отрицательной плотности», трещин, пустот и расслоений.

2.2.7 Проведение осмотров опор мостов с целью прогнозирования появления трещин следует планировать таким образом, чтобы обследование, отбор кернов и т.д. производились при низкой воде (осенью) и низкой положительной температуре (+6°C ... +8°C), когда сила подсоса воды достигает максимума, а обработка материалов исследований и составление плана ремонтных работ – зимой.

2.3 Характерные дефекты, разрушения и повреждения бетонных и железобетонных конструкций искусственных сооружений железных дорог ОАО «РЖД»

2.3.1 В железобетонных конструкциях могут быть дефекты и повреждения, возникающие на стадиях изготовления, транспортирования и монтажа:

а) технологические трещины: усадочные, образующиеся в незатвердевшем бетоне 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 слабоармированных местах).

2.3.2 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.

2.3.3 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.

2.3.4 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.

2.3.5 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 бывают равны примерно двойной толщине продуктов коррозии (ржавчины) на арматурном стержне или пучках стержней. В свою очередь толщина продуктов коррозии превышает толщину прокорродировавшего металла в 2,5-3 раза.

2.3.6 В конструкциях могут возникнуть коррозионные повреждения, связанные с попеременным замерзанием и оттаиванием бетона во влажной среде (размораживание). 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.

2.3.7 В конструкциях из-за неисправностей 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.

2.3.8 Категории дефектов искусственных сооружений на железных дорогах Российской Федерации приведены в соответствии с Инструкцией по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах Российской Федерации [19] в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Категории дефектов искусственных сооружений

Характеристика дефекта	Категория дефекта
По их влиянию на безопасность движения поездов, прохода людей и проезда автомобилей по путепроводам	
Дефекты, влияющие на безопасность, отсутствуют	—
Мелкие дефекты, не оказывающие влияния на безопасность	I
Дефекты, развитие которых создаст угрозу безопасности	II
Серьезные дефекты, оказывающие влияние на безопасность, требуют особых условий эксплуатации вплоть до введения ограничений	III
По их влиянию на грузоподъемность основных несущих элементов сооружений	
Дефектов, снижающих грузоподъемность нет. Сооружение рассчитано под нагрузку с14 и н8	—
Дефекты, снижающие грузоподъемность сооружения до уровня, при котором обеспечен пропуск поездов с вагонами, имеющими погонную нагрузку до 105 кн/м пути (10,5 тс/м пути) при нагрузке от оси локомотивов и вагонов на рельсы до 270 кн (27тс), а также допускающие пропуск транспортеров грузоподъемностью до 300т со скоростью не менее 40 км/ч и со скоростью не менее 25 км/ч при грузоподъемности 301-500 т	I
Дефекты, снижающие грузоподъемность сооружения до уровня, при котором обеспечен пропуск поездов с вагонами, имеющими погонную нагрузку до 75 кн/м пути (7,5 тс/м пути) при нагрузке от оси локомотивов и вагонов на рельсы до 260 кн (26тс), а также допускающие пропуск транспортеров грузоподъемностью до 300 т со скоростью не менее 15 км/ч	II
Дефекты, снижающие грузоподъемность сооружения до уровня, при котором пропуск об- рабатывающих нагрузок без ограничений не обеспечен	III
По их влиянию на долговечность элементов сооружений	
Дефекты, влияющие на долговечность элемента, отсутствуют, остаточный срок службы элемента без ремонта не менее 75% от его нормативного значения	—
Дефекты, развитие которых приведет к тому, что остаточный срок службы элемента без ремонта составляет от 30 до 75% его нормативного значения	I
Дефекты, развитие которых приведет к тому, что остаточный срок службы элемента без ремонта составляет от 5 до 30% его нормативного значения	II
Дефекты, снижающие нормативный срок службы элемента до 5 и менее %.	III
По их влиянию на ремонтпригодность сооружений	
Дефекты отсутствуют, на сооружении выполняют только профилактические и предупредительные работы	—
Мелкие отдельные дефекты на ранней стадии развития, устраняемые при текущем со- держании	I
Дефекты, устраняемые работами, направленными на поддержание прочностных характе- ристик элементов сооружения и на продление срока их службы и выполняемыми в рамках капитального ремонта, как правило, без проекта	II
Дефекты, устраняемые работами, направленными на обновление элементов сооружения и выполняемыми в рамках капитального ремонта по специальному проекту	III

Дефекты элементов искусственных сооружений железных дорог в соответствии с Положением по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах союза ССР МПС СССР «Транспорт» 1991 г. и перечнем материалов для ремонта железобетонных конструкций приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Дефекты бетонных и железобетонных искусственных сооружений и материалы, рекомендуемые для ремонта [20]		
Типы и элементы искусственных сооружений	Дефект и его категория	Наименование материала для ремонта
Железобетонные пролетные строения		
	III категория	
1	Наклонные трещины в стенках балочных пролетных строений	Система MapeWrap
2	Поперечные трещины в нижних поясах главных балок	Система MapeWrap
3	Продольные трещины в нижних поясах главных балок	Система MapeWrap
Железобетонные (бетонные) опоры мостов и путепроводов		
	II категория	
4	Трещины, скалывающие подферменные площадки, вертикальные трещины в верхней части опор	Ремонт инъекцией материалом на эпоксидной основе Epojet. Ремонт инъекцией материалом на полиуретановой основе: Foamjet F, Foamjet T Ремонт инъекцией материалом на цементной основе: Stabilcem, Stabilcem T/HSR Ремонт с предварительной расшивкой материалами на цементной основе: Mapegrout Thixotropic, Mapegrout SV T, Planitop 400, Planitop 430, MapeWrap
	III категория	
5	Трещины на передней стенке устоев из-за деформации фундаментов	Ремонт с предварительной расшивкой материалами на цементной основе: MapegroutT40, Mapegrout Thixotropic, Mapegrout SV T Planitop 400, Planitop 430 MapeWrap
6	Выпучивание боковых стенок устоев с образованием сквозных трещин и выщелачиванием раствора	Ремонт инъекцией материалом на цементной основе: Stabilcem, Stabilcem T/HSR. Ремонт материалами на цементной основе: MapegroutT40, Mapegrout Thixotropic, Mapegrout SV T, Planitop 400, Planitop 430 MapeWrap
7	Трещины раскрытием (более 2 мм) в боковых стенках устоев	Ремонт инъекцией материалом на цементной основе: Stabilcem, Stabilcem T/HSR Ремонт с предварительной расшивкой материалами на цементной основе: MapegroutT40, Mapegrout Thixotropic, Mapegrout SV T, Planitop 400, Planitop 430, MapeWrap

Таблица 2.2 Дефекты бетонных и железобетонных искусственных сооружений и материалы, рекомендуемые для ремонта [20]

Типы и элементы искусственных сооружений	Дефект и его категория	Наименование материала для ремонта
8	Сквозные трещины в боковых и передних стенках устоев	Ремонт инъекцией материалом на цементной основе: Stabilcem, Stabilcem T/HSR. Ремонт с предварительной расшивкой материалами на цементной основе: MapegroutT40, Mapegrout Thixotropic, Mapegrout SV T, Planitop 400, Planitop 430, MapeWrap

3. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

3.1 Требования к бетону и арматуре

3.1.1 Характеристики бетона и арматуры при отсутствии в них повреждений принимаются в соответствии со СНиП 2.05.03.84* [17].

3.1.2 При наличии результатов обследования укрепляемых конструкций назначение характеристик бетона и арматуры производят с учетом требований СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» [1].

3.2 Требования к композиционным материалам [21]

3.2.1 При растяжении УКМ имеют линейную зависимость между напряжениями и деформациями вплоть до разрушения. Свойства УКМ в основном определяются типом, ориентацией и количеством армирующих волокон. Механические свойства всех систем УКМ независимо от их вида должны определяться по результатам испытаний образцов слоистого материала с оценкой объемного содержания волокон, которое должно составлять не менее 60%. Механические характеристики многослойных пластиков определяются путем испытания образцов с соответствующим количеством слоев ткани (ленты) в соответствии с ГОСТ 25.601-80 [22].

3.2.2 Для выполнения сниженной несущей способности железобетонных балок по I группе предельного состояния используют композиты в виде пластин (ламель) или прессованных панелей, имеющих следующие технические характеристики:

- прочность на растяжение – не ниже 1800 МПа,
- модуль упругости – 140-400 МПа,
- толщина 1-2 мм,

3.2.3 Для восстановления несущей способности железобетонных конструкций по II группе предельного состояния используются композиты в виде армирующих холстов с характеристиками, приведенными в таблице 3.1.

3.3 Требования к клеевым стыкам

3.3.1 Для приклейки композитных материалов иностранного производства следует применять клеевые составы их поставщиков. Подбор состава и технологическое приготовление таких клеев выполняется в соответствии с указаниями и требованиями по подбору и приготовлению данных клеевых составов.

3.3.2 Клеевую смесь необходимо приготавливать при температуре воздуха не ниже +10°C. В связи с тем, что полимеризация клеевой смеси начинается сразу после смешивания смолы с отвердителем, необходимо готовить такое количество клеевой смеси, которое возможно использовать до конца полимеризации клеевого состава.

Таблица 3.1 - Требования к холстам для перекрытия трещин

Вид силовых трещин	Показатели по характеристикам			
	Суммарная толщина, мм	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, ГПа	Относительное удлинение, %
Трещины от $M_{изг}$ раскрытием:				
0,3-0,5 мм	*)	—	—	—
до 1,0 мм	0,1-0,3	2000-3500	до 300	1,0–1,5
>1,0 мм	до 0,6	> 3500	> 300	> 1,5
Наклонные трещины от Q раскрытием:				
0,2-0,3 мм	*)	—	—	—
до 0,5 мм	0,1-0,3	2000-3500	до 300	1,0–1,5
>0,5 мм	до 0,6	> 3500	> 300	> 1,5

*) Выполняют герметизацию трещин путём обмазки поверхности без усиления холстами.

3.3.3 При работе с клеями на основе эпоксидных смол необходимо соблюдать правила техники безопасности, изложенные в указаниях по применению данных материалов и в настоящих ТУ.

3.4 Требования к усилению железобетонных конструкций композитными материалами

Необходимость в усилении строительных конструкций методом наклейки элементов внешнего армирования из высокопрочных и высокомодульных материалов появляется в следующих основных случаях:

- повреждение строительной конструкции со снижением её несущей способности;
- изменение условий эксплуатации с изменением величины, характера и расположения временных нагрузок;
- изменение расчетной схемы конструкции;
- повышение надежности и долговечности конструкции.

Для обеспечения эффективного усиления технология укладки должна выполняться строго в соответствии с техническими условиями:

- монтаж элементов внешнего армирования на конструкции с допустимой влажностью;
- возможность надежной приклейки к любым строительным материалам, которая обеспечивает передачу усилий со строительной конструкции на элемент внешнего армирования;
- механические свойства материалов, применяемых при усилении, стабильны во времени в соответствии с технической картой на материал. Это относится как к монтажному клею, так и к элементу армирования.

Перечисленным выше требованиям отвечают элементы внешнего армирования из высокопрочных и высокомодульных искусственных волокон: **CARBOPLATE** – представляет собой пластину (ламель) из углеродного волокна, предварительно пропитанных эпоксидной смолой и одно, двух и четырех направленные ткани из углеродного волокна **MapeWrap C** с полной системой эпоксидных материалов для крепления. Наибольшее распространение получили углеродные волокна, имеющие наилучшее на сегодняшний день соотношение цены и качества. Данная технология является в настоящий момент самым современным и «бережным» методом восстановления и повышения эксплуатационных характеристик строительных конструкций.

3.5 Требования к усилению каменных конструкций

Основная сфера применения элементов внешнего армирования из углеволокна при усилении каменных конструкций внецентренно-сжатые элементы, т.е. столбы, пилоны и простенки.

При усилении этих элементов используются обоймы из углеволокна (углехолста), поскольку их включение в работу усиливаемого элемента обеспечивается просто во время монтажа холста на усиливаемый элемент через клеевой слой.

Применение элементов внешнего армирования из углеволокна позволяет в широких пределах регулировать усилия в каменной конструкции, минимально нарушая её целостность. Применение элементов внешнего армирования из углеволокна для усиления перечисленных конструкций позволяет избежать установки точечных анкеров, вовлечь больший объем материала в работу отдельного элемента, реализовать имеющиеся резервы конструкции.

3.6 Требования к ремонтируемой поверхности

Работы по ремонту железобетонных конструкций с использованием композитов проводятся при положительных температурах воздуха с установившейся среднесуточной температурой не ниже плюс 5°C.

Перед началом работ по усилению железобетонных балок необходимо точно определить класс бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение, глубину карбонизации и толщину защитного слоя, положение, состояние и раскрытие трещин в каждой балке, а также выполнить подготовку поверхности конструкции, на которую будет приклеиваться композитный материал.

При наличии механических повреждений балок с оголением рабочей арматуры или коррозии арматуры, сопровождающейся появлением трещин в растянутой зоне бетона, повреждённый бетон полностью удаляют и арматуру очищают от коррозии. При восстановлении удалённого бетона следует использовать безусадочные быстротвердеющие составы с увеличенной в 1,5 и более раз прочностью на растяжение. Прочность нового бетона на сжатие не должна быть меньше прочности бетона балки.

Класс прочности бетона балок на сжатие должен быть не ниже В25 при приклейке армирующих холстов и не ниже В30 при приклейке армирующих пластин (ламелей).

Прочность бетона определяют механическими методами неразрушающего контроля в соответствии с требованиями ГОСТ 22690-88 [16]. При необходимости прочность бетона определяют по образцам, отобранным из конструкции, в соответствии с ГОСТ 28570-90 [23]. Прочность на осевое растяжение бетона балок в зоне наклейки композитов должна быть не менее 1,0 МПа при применении армирующих холстов и не менее 1,5 МПа при применении армирующих пластин (ламелей). Если бетон в зоне усиления не удовлетворяет указанным требованиям, осуществляют его упрочнение (например с помощью пропитки) либо замену.

Прочность бетона на растяжение может быть принята по классу прочности на сжатие или установлена экспериментально методом отрыва бетона.

Глубина карбонизации не должна превышать толщину защитного слоя. Глубину карбонизации бетона защитного слоя определяют индикаторным методом. При величине глубины карбонизации больше толщины защитного слоя необходимо определить состояние рабочей арматуры путём вырубки бетона (не менее 3 участков 20х20 см). При наличии на пучках или арматурных стержнях локальных участков поверхностного налёта ржавчины или при их отсутствии необходимо выполнить восстановление щелочности бетона путём нанесения на бетонную поверхность ингибитора коррозии. Нанесение ингибитора производится на очищенную бетонную поверхность в районе расположения рабочей арматуры.

Величина pH защитного слоя бетона должна превышать 11,8 единицы pH. Величину pH определяют потенциометрическим методом с помощью pH-метров или ионометров любых марок с диапазоном измерений от 0 до 14 единиц pH.

Пороговая концентрация ионов хлора должна составлять не более 0,1% от массы цемента [В 1]. Визуальную глубину проникновения ионов хлора определяют путём нанесения на свежий излом бетона 1%-ного раствора азотнокислого серебра. Количественное содержание ионов хлора в защитном слое конструкции определяют в соответствии с ГОСТ 8269.1-97 [24].

При концентрации ионов хлора более допустимого возможность усиления или поверхностной герметизации силовых трещин конструкции и возможные ремонтные мероприятия определяются специализированными организациями.

Минимальная допустимая толщина защитного слоя бетона должна составлять не менее 3 см. Если данное требование не соблюдается, то необходимо увеличить толщину защитного слоя полимерными составами.

Для определения толщины защитного слоя используют два метода измерений: механический метод раскрытия арматуры с последующими необходимыми прямыми измерениями защитного слоя и неразрушающий (косвенный) – по ГОСТ 22904-93 [25] с применением электромагнитных приборов.

Для уменьшения концентрации напряжений в приклеиваемых композитных материалах необходимо обеспечить ровность бетонной поверхности. Допустимое отклонение – 3 мм на длине 1 м.

4. МАТЕРИАЛЫ ТОРГОВОЙ МАРКИ МАРЕИ ДЛЯ РЕМОНТА И УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

4.1 Анализ характеристик углепластиковых материалов для ремонта и усиления эксплуатируемых железнодорожных железобетонных мостов

Для усиления железобетонных конструкций применяются элементы в виде лент **CARBOPLATE** и холстов **MapeWrap**. Механические характеристики элементов внешнего армирования варьируются в пределах: $E=165000-30000$ МПа, $R=1700-3500$ МПа. При усилении железобетонных конструкций с применением лент следует произвести анкеровку ленты на конструкции, для этой цели устраиваются закладные детали из углехолста.

В зоне действия изгибающих моментов могут применяться как ленты, так и холсты. В последнее время имеет место тенденция более широкого распространения холстов. Это связано с их более высокими механическими характеристиками и простотой монтажа.

Важной областью применения элементов внешнего армирования является усиление приопорных участков в зоне действия поперечных сил. В этих зонах, наклеивают холсты из углеродного волокна вдоль линии главных растягивающих напряжений. Холсты из углеродного волокна можно наклеивать в несколько слоев и формировать сечения, необходимые по расчету.

ЗАО «МАПЕИ», российское подразделение итальянской группы компаний **MAPEI**, поставляет на строительный рынок полный ассортимент материалов для капитального строительства, ремонта и усиления, в том числе материалы, которые могут использоваться для ремонта и усиления бетонных и железобетонных искусственных сооружений на железных дорогах ОАО «РЖД». Сведения таких материалов приведены в таблицах 4.1, 4.2

Все материалы, используемые для усиления элементов конструкций, имеют сертификаты соответствия системы сертификации ГОСТ ГОССТАНДАРТА России, а также санитарно-эпидемиологические заключения, выданные санитарно-эпидемиологической службой Российской Федерации.

Таблица 4.1 Материалы для ремонта и усиления железобетонных мостов

Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
Структурное армирование бетона пластинами (ламелями) и тканями из углеродных волокон		
CARBOPLATE CARBOPLATE E 170 CARBOPLATE E 200 CARBOPLATE E 250	Ламели из углеродных волокон, пропитанные эпоксидной смолой	– усиление железобетонных балочных конструкций, поврежденных процессами старения для повышения прочности на изгиб; – усиление конструкций от сейсмического воздействия в сейсмоопасных зонах; – плакирование конструкций из железобетона, предварительно напряженного железобетона и стальных конструкций; – усиление конструкций, подверженных динамическим нагрузкам
MapeWrap C UNI-AX	Высокопрочная, односторонне направленная, с непрерывной нитью ткань из углеродного волокна	– усиление несущих конструкций; – усиление конструкций от сейсмического воздействия в сейсмоопасных зонах

Таблица 4.1 Материалы для ремонта и усиления железобетонных мостов

Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
MapeWrap C BI-AX	Высокопрочная углеволоконная ткань перекрестного плетения.	– ремонт элементов для увеличения сопротивления элементов изгибу и срезу; – усиление для обеспечения сейсмостойкости элементов конструкций, находящихся в сейсмоопасных зонах
MapeWrap C QUADRI-AX	Углеволоконная высокопрочная ткань перекрестно-диагонального плетения	– ремонт и восстановление поврежденных железобетонных конструкций, подверженных воздействию агрессивных факторов окружающей среды; – усиление для придания сейсмостойкости конструкциям в сейсмоопасных зонах
Грунтовки, шпаклевки		
MapeWrap Primer1	Эпоксидный грунтовочный состав для применения с материалами MapeWrap	Подготовка бетонных и железобетонных конструкций перед укладкой углеволоконного материала MapeWrap
MapeWrap 11	Двухкомпонентная тиксотропная эпоксидная шпаклевка обычного схватывания для выравнивания бетонных и железобетонных поверхностей	Выравнивание поверхностей из бетона или железобетона, подлежащих ремонту или усилению за счет наклеивания на них тканей MapeWrap
MapeWrap 12	Двухкомпонентная тиксотропная эпоксидная шпаклевка с замедленным временем схватывания тиксотропной консистенции	Выравнивание поверхностей из бетона или железобетона, подлежащих ремонту или усилению за счет наклеивания на них тканей MapeWrap
Материалы для пропитки ткани		
MapeWrap 21	Жидкий полимерный эпоксидный состав для пропитки тканей MapeWrap систем «влажного» нанесения	Пропитка тканей mapewrap на стройплощадке, с последующей укладкой на материалы MapeWrap 11/12
MapeWrap 31	Эпоксидный состав средней вязкости для пропитки ткани MapeWrap систем «сухого» метода нанесения	Пропитка тканей mapewrap на стройплощадке, с последующей укладкой на материалы MapeWrap 11/12
Материалы для антикоррозийной защиты арматуры, ремонта и защиты бетона		
MAPEFER	Двухкомпонентный состав в водной дисперсии, включающий в себя цементное вяжущее и ингибиторы коррозии	Защита арматуры от коррозии. Толщина нанесения в два слоя 1,5–2,0 мм
Mapefer 1K	Однокомпонентный состав, основанный на порошковых полимерах, цементном вяжущем и ингибиторах коррозии	Защита арматуры от коррозии. Толщина нанесения в два слоя 2,0 мм
Mapegrout SV	Высокотекучий, быстросхватывающийся и быстротвердеющий раствор с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Жизнеспособность раствора 20 минут при +20°C. Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм	Быстрый ремонт бетонных и железобетонных конструкций, дорожных покрытий. Для монтажа защитных барьеров, ограждений, бетонных столбов, смотровых колодцев. Толщина слоя от 10 до 50 мм

Таблица 4.1 Материалы для ремонта и усиления железобетонных мостов

Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
Mapegrout SV T	Быстротвердеющий и быстросхватывающийся тиксотропный раствор с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Жизнеспособность раствора 15 минут при +20°C Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Быстрый ремонт бетонных и железобетонных конструкций, дорожных покрытий, въездов, каналов. Для монтажа защитных барьеров, ограждений, бетонных столбов, смотровых колодцев. Толщина слоя от 10 до 50 мм
Mapegrout SV Fiber	Высокотекучий, быстросхватывающийся и быстротвердеющий раствор с компенсированной усадкой, армированный полимерной и металлической фиброй. Жизнеспособность раствора 20 минут при +20°C. Применяется до -5°C Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Быстрый ремонт бетонных дорожных и аэродромных покрытий, полов в складских помещениях. Обладает быстрым набором прочности, обеспечивает высокую устойчивость к истиранию. При монтаже ограждений. Толщина слоя от 20 до 50 мм
Mapegrout Hi-Flow	Высокоподвижный (литой) состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй Максимальная крупность заполнителя 3 мм.	Ремонт опор мостов, балок, мостовых плит с установкой опалубки. Омоноличивание стыков сборных железобетонных конструкций. Заполнение жестких швов. Толщина слоя от 10 до 40 мм
Mapegrout Hi-Flow 10	Высокоподвижный (литой) состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 10 мм.	Ремонт опор мостов, балок, мостовых плит с установкой опалубки. Омоноличивание стыков сборных железобетонных конструкций. Заполнение жестких швов. Толщина слоя от 40 до 100 мм
Mapegrout Fast-Set	Тиксотропный, быстросхватывающийся состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Время схватывания менее 30 мин. Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Ремонт защитного слоя бетона. Ремонт поврежденных поверхностей бетона, углов колонн и балок, кромок балконов разрушенных от коррозии арматуры. Ремонт поверхностных трещин, в том числе вертикальных. Толщина нанесения от 10 до 25 мм
Mapegrout MF	Тиксотропный состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной и эластичной металлической фиброй Максимальная крупность заполнителя 3 мм.	Ремонт бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях динамических нагрузок. Толщина слоя от 20 до 60 мм
Mapegrout SF	Высокотекучий, быстротвердеющий (литой) состав с компенсируемой усадкой, армированный полимерной и стальной латунизированной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 3 мм.	Ремонт бетонных и железобетонных конструкций, подверженных ударным и динамическим нагрузкам. При ремонте сейсмостойких элементов бетонных и железобетонных конструкций. Толщина нанесения от 20 до 60 мм

Таблица 4.1 Материалы для ремонта и усиления железобетонных мостов

Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
ADESILEX PG1	Двухкомпонентный эпоксидный тиксотропный клей	Склеивание бетонных и железобетонных конструкций; ремонт трещин.
ADESILEX PG2	Двухкомпонентный эпоксидный тиксотропный клей	Склеивание бетонных и железобетонных конструкций; ремонт трещин.
Материалы для защиты и гидроизоляции бетонных и железобетонных конструкций		
MAPELASTIC	Двухкомпонентный эластичный состав на цементной основе	Гидроизоляция и антикоррозийная защита железобетонных конструкций. Толщина нанесения 2 мм
MAPELASTIC Smart	Двухкомпонентный эластичный состав на цементной основе	Гидроизоляция бетона для создания высокоэластичного водонепроницаемого защитного слоя. Толщина нанесения 2 мм
Planitop 400	Быстротвердеющий тиксотропный состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 0,5 мм.	Быстрый ремонт вертикальных и потолочных поверхностей поврежденных конструкций. Ремонт защитного слоя бетона. Финишная отделка бетонных и железобетонных поверхностей. Толщина слоя от 1 до 40 мм.
Mape-Antique FC	Бесцементный тонкодисперсионный состав	Финишная отделка
ELASTOCOLOR	эластичная водно-дисперсионная краска на акриловом связующем	Защита от карбонизации бетонных сооружений, подвергающихся эксплуатационным нагрузкам, ведущим к незначительным деформационным изменениям. Нанесение защитного слоя на штукатурку, покрытую «волосными» трещинами; Окраска железобетонных или сборных железобетонных конструкций с уже имеющимися трещинами или склонных к растрескиванию.
Epojet	Супертекучая эпоксидная смола низкой вязкости для инъекций под низким давлением.	Ремонт бетонных конструкций, имеющих трещины или разрывы, вызванные тяжёлыми нагрузками, случайными ударами или землетрясением; Восстановление монолитности несущих конструкций с помощью инъекций низкого давления
Foamjet T Foamjet F	Двухкомпонентная полиуретановая пена с сверхбыстрым схватыванием для ремонта и гидроизоляции конструкций в условиях протечек воды под давлением	Гидроизоляция тоннелей, подверженных воздействию воды под высоким давлением через образующиеся трещины или между каменной кладкой. Гидроизоляция шахт и гидротехнических конструкций, подверженных воздействию воды под высоким давлением через технологические соединения или трещины. Ремонт трещин в дамбах, каналах и гидроизоляционных перегородках, постоянно погруженных в воду. Ремонт трещин в полах и кладке, подверженных воздействию воды или влаги.

Таблица 4.2 Материалы, формирующие систему структурного усиления бетонных и железобетонных конструкций с использованием высокопрочных тканей из углеродного волокна

Наименование материала	Характеристика	Применение
MapeWrap C	Высокопрочная с непрерывной нитью ткань из углеволокна с модулем упругости 230000 МПа, 390000 МПа, сбалансированная одно-, двусторонне направленная и четырехсторонне направленная ткань	Внешнее армирование железобетонных и кирпичных конструкций (в том числе стволов дымовых труб)
MapeWrap Primer I	Эпоксидная грунтовка для системы Mape Wrap	Грунтовка поверхности конструкции
MapeWrap 11, 12	Тиксотропный эпоксидный состав (11) с обычным временем схватывания. Состав (12) с замедленным временем схватывания.	Выравнивание бетонных поверхностей.
MapeWrap 21, 31	Состав (21) – сверхпрочная эпоксидная смола. Состав (31) – эпоксидная смола средней вязкости	Пропитка системы Mape Wrap «влажного нанесения». Пропитка системы Mape Wrap «сухого нанесения»
CARBOPLATE	Пластины из углеволокна (ламели) в эпоксидной матрице	Усиление предварительно напряженных железобетонных и стальных конструкций. Приклеивается на эпоксидные составы: AdesilexPGI/PG2

4.2 Материалы для усиления железобетонных конструкций

Ткань **MapeWrap C** – высокопрочная с непрерывной нитью ткань из углеволокна с модулем упругости 230000 МПа, 390000 МПа.

4.2.1 Углеволоконная ткань **MapeWrap C UNI-AX**, **MapeWrap C UNI-AX HM**

MapeWrap C UNI-AX или **MapeWrap C UNI-AX HM** – представляют собой однонаправленные углеволоконные ткани, характеризующиеся высоким (230000 Н/мм²) и очень высоким (390000 Н/мм²) модулем упругости и высокой механической прочностью на разрыв. Ткань можно укладывать как «влажным», так и «сухим» способом с применением нижеуказанных эпоксидных составов:

- **MapeWrap Primer 1** – укрепляющий состав для подготовки основания.
- **MapeWrap 11** и **MapeWrap 12** – составы для выравнивания основания и уплотнения пористых поверхностей (**MapeWrap 12** имеет большее открытое время чем **MapeWrap 11**).
- **MapeWrap 21** – пропитка для укладки покрытия «влажным» способом.
- **MapeWrap 31** – пропитка (клей) для укладки покрытия «сухим» способом.

При укладке «влажным» способом ткань **MapeWrap** предварительно пропитывают **MapeWrap 21** непосредственно перед укладкой на основание. При укладке «сухим» способом сухая ткань накладывается на слой **MapeWrap 31**, нанесенный на усиливаемую бетонную конструкцию.

Для обеспечения разнообразных проектных решений **MapeWrap C UNI-AX** и **MapeWrap C UNI-AX HM** выпускаются в двух различных массах, и каждый продукт имеет различную ширину (10, 20 и 40 см), обозначаемые соответственно так:

- **MapeWrap C UNI-AX 300:M.E.** = 230000 Н/мм²
- **MapeWrap C UNI-AX 320:M.E.** = 230000 Н/мм²
- **MapeWrap C UNI-AX 600:M.E.** = 230000 Н/мм²
- **MapeWrap C UNI-AX HM 300:M.E.** = 390000 Н/мм²
- **MapeWrap C UNI-AX HM 600:M.E.** = 390000 Н/мм²

Технические характеристики ткани **МаpeWrap C UNI-AX**, **МаpeWrap C UNI-AX HM** приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 Технические характеристики ткани MapeWrap C UNI-AX, MapeWrap C UNI-AX HM			
Свойства продукта			
Тип волокна	Углеродное высокопрочное		
Вид	Однонаправленная ткань		
MAPEWRAP C UNI-AX			
Вес (г/м²)	300	320	600
Плотность (кг/м³)	1,800	1,79	1,800
Эквивалентная толщина сухого покрытия (мм)	0,166	0,178	0,333
Площадь сопротивления на единицу ширины (мм²/м)	166,6	178	333,3
Прочность на разрыв (Н/мм²)	4,830	4830	4,830
Максимальная нагрузка на единицу ширины (кН/м)	> 800	> 800	>1,600
Модуль упругости на разрыв (Н/мм²)	230000	230000	230000
Удлинение при разрыве (%)	2,0	2,0	2,0
MAPEWRAP C UNI-AX HM			
Вес (г/м²)	300	320	600
Плотность (кг/м³)	1,820	1,79	1,820
Эквивалентная толщина сухого покрытия (мм)	0,164	1,178	0,329
Площадь сопротивления на единицу ширины (мм²/м)	164,8	178	329,6
Прочность на разрыв (Н/мм²)	4,410	4,830	4,410
Максимальная нагрузка на единицу ширины (кН/м)	> 700	> 800	> 1,400
Модуль упругости на разрыв (Н/мм²)	390000	320	390000
Удлинение при разрыве (%)	1,1	2,0	1,1
Адгезионная прочность к бетону (Н/мм²)	> 3 (разрушение бетона)		

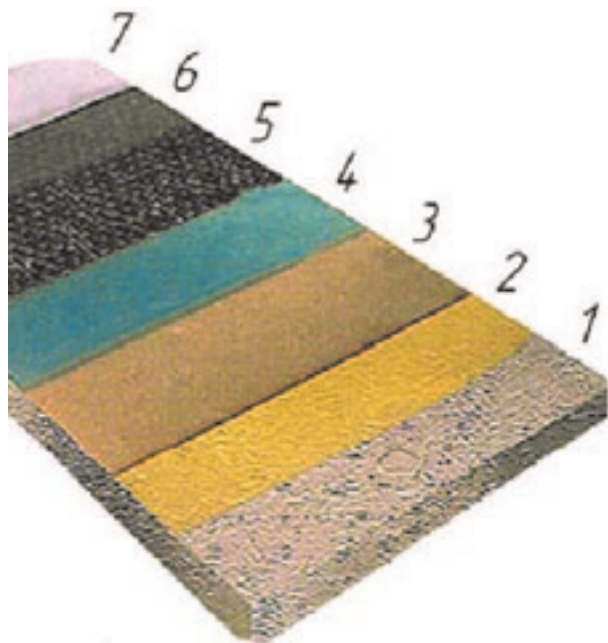
Материал применяется для:

- ремонта и усиления конструкций на участках, где требуется увеличить их прочность на разрыв;
- усиления конструкций, работающих на осевое усилие и изгиб (колонны, мостовые опоры, дымовые трубы);
- сейсмозащиты и ремонта конструкций сводчатой формы без увеличения их массы, а также для защиты внутренней образующей сводов от попадания влаги;
- ремонта и усиления конструкций, пострадавших при пожаре;
- усиления конструкций при изменении их расчетной схемы.

Материал применяется на конструкциях любых форм, не требует применения временных подпорков и полностью исключает коррозию.

Технология проведения работ

Поэтапная последовательность нанесения:



1. Бетон
2. MapeWrap Primer 1
3. MapeWrap 11, 12
4. MapeWrap 21, 31
5. Углеволокно MapeWrap C UNI-AX
6. Выравнивающее покрытие
7. Защитное покрытие

Подготовка основания

Основание, на которое укладываются ткани **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**, должно быть сухим, чистым и механически прочным.

Неповрежденные конструкции следует очистить при помощи пескоструйного аппарата от масла, следов краски, лака и цементного молочка.

В противном случае необходимо сбить поврежденные части при помощи обычного или отбойного молотка. Следует очистить арматуру от ржавчины и обработать ее двухкомпонентным антикоррозийным цементным составом **MAPEFER** или однокомпонентным цементным составом **Mapefer 1K** (Приложение А). Разрушенные части конструкции ремонтируются при помощи составов серии **Mapegrout**.

Укладку **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM** можно производить не ранее чем через 3 недели после ремонта конструкции.

Если конструкции нуждаются в незамедлительном усилении, для ремонта применяются материалы **ADESILEX PG1**, **ADESILEX PG2**.

Имеющиеся в конструкциях трещины ремонтируются составом **Epojet** (для сухих и слегка влажных трещин) или **Foamjet T / Foamjet F** (для влажных трещин и мест с протечками воды).

Все острые углы (опор и балок), усиливаемые материалами **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**, необходимо предварительно сбить отбойным молотком или иным инструментом. Рекомендуемый радиус закругления конструкции должен быть не менее 2 см.

Укладка MapeWrap C UNI-AX или MapeWrap C UNI-AX HM «влажным» способом

Последовательность операций:

- подготовка **MapeWrap Primer 1**;
- нанесение **MapeWrap Primer 1**;
- подготовка **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**;
- нанесение **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**;
- подготовка **MapeWrap 21**;
- пропитка ткани составом **MapeWrap 21**;
- укладка ткани **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**.

Перед укладкой покрытия **MapeWrap C UNI-AX**, **MapeWrap C UNI-AX HM** для обработки бетонных и железобетонных конструкций применяется **MapeWrap Primer 1**.

4.2.1.1 MapeWrap Primer 1

MapeWrap Primer 1 – жидкий двухкомпонентный состав на основе эпоксидных смол, не содержащий растворителей.

Технические характеристики **MapeWrap Primer 1** приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 Технические характеристики MapeWrap Primer 1		
Характеристика материала	Компонент А	Компонент В
Консистенция	Жидкость	Жидкость
Цвет	Желтоватый	Желтоватый
Удельная плотность, г/см ³	1,12	1
Вязкость по Брукфильду, МПа*с	350 (вал 1-5 об.)	50 (вал 1-5 об.)
Хранение	24 месяца в оригинальной упаковке при температуре от +10° до +30°С	
Класс опасности по ЕЕС 99/45	Раздражающее	Коррозийное
	Перед использованием прочесть параграф «Инструкция по безопасности при приготовлении и применении», информацию на упаковке и паспорте безопасности данного материала.	
Соотношение компонентов	Часть А : часть В = 3:1	
Консистенция смеси	Жидкость	
Цвет смеси	Желтоватый	
Удельная плотность смеси, г/см ³	1,1	
Вязкость по Брукфильду, МПа*с	300 (вал 1-10 об.)	
Время использования смеси, мин:		
при +10°С	120	
при +23°С	90	
при +30°С	60	
Время высыхания смеси, час:		
при +10°С	5-6	
при +23°С	3-4	
при +30°С	2-3	
Температура нанесения смеси	От +10°С до +30°С	
Полное высыхание, день	7	
Адгезия к бетону, Н/мм ²	> 3 Н/мм ² (разрушение бетона по истечении 7 суток при температуре +23°С)	

Грунт **MapeWrap Primer 1** не использовать для обработки влажных поверхностей, загрязненных и осыпающихся конструкций.

Подготовка MapeWrap Primer 1

Смешайте между собой оба компонента состава **MapeWrap Primer 1**. Влейте Компонент В в Компонент А и перемешайте низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения

однородной текучей смолы. Соотношение смешивания компонентов: 3 части по весу А и 1 часть по весу В. Во избежание ошибок при подготовке смеси рекомендуется использовать всю упаковку.

После приготовления **MapeWrap Primer 1** сохраняет удобоукладываемость в течение 90 минут при температуре +23°C.

Нанесение MapeWrap Primer 1

Грунтовка наносится при помощи кисти или валика равномерным слоем на очищенную и высушенную бетонную поверхность.

Если основание сильно впитывает наносимый состав, после полного впитывания первого слоя нанесите второй. Выровняйте поверхность при помощи шпаклевки **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** на свежий слой грунтовки **MapeWrap Primer 1**.

Расход материала: 250-300 г/м²

4.2.1.2 Шпаклевки MapeWrap 11 или MapeWrap 12

Приготовление MapeWrap 11 (MapeWrap 12)

MapeWrap 11, MapeWrap 12 – тиксотропные эпоксидные шпаклевки для выравнивания бетонных поверхностей. Шпаклевки **MapeWrap 11** и **MapeWrap 12** отличаются друг от друга сроком сохранения удобоукладываемости. **MapeWrap 11** подходит для применения при температуре воздуха от +5°C до +23°C, **MapeWrap 12** – для применения в жарких климатических условиях (температура более +23°C). Шпаклевки **MapeWrap 11, MapeWrap 12** затвердевают без усадки, образуя плотно прилегающий к основанию механически прочный слой.

Технические характеристики **MapeWrap 11, MapeWrap 12** приведены в таблице 4.5

Таблица 4.5 Технические характеристики MapeWrap 11, MapeWrap 12

Характеристика материала	Компонент А	Компонент В
Консистенция	Густая паста	Густая паста
Цвет	серый	белый
Удельная плотность, г/см ³	1,6	1,5
Вязкость по Брукфилду, МПа*с	800 (сдвиг F-5)	300 (сдвиг D-5)
Хранение	24 месяца в оригинальной закрытой упаковке при температуре от +10°C до 30°C	
Класс опасности для здоровья в соответствии с ЕС 99/45	Оказывает раздражающее действие	Оказывает коррозионное действие
	Перед применением следует прочитать пункт «Инструкция по безопасности при приготовлении и применении», информацию на упаковке и паспорте безопасности продукта	
Соотношение компонентов	Часть А : часть В = 3:1	
Консистенция смеси	тиксотропная	
Цвет смеси	серый	
Удельная плотность смеси, г/см ³	1,55	
Вязкость по Брукфильду, МПа*с	500 (сдвиг 3-5)	
Время использования смеси, мин:		
при +10°C	60	150
при +23°C	40	60
при +30°C	20	35

Таблица 4.5 Технические характеристики MapeWrap 11, MapeWrap 12

Характеристика материала	Компонент А	Компонент В
Время затвердевания смеси, час, мин:		
при +10°C	7-8	14-16
при +23°C	3-3,5	4-5
при +30°C	1,5-2	2,5-3
Температура нанесения смеси, °C	от 5 до 30	от 10 до 30
Полное затвердевание, день	7	
Адгезия к бетону, Н/мм ²	>3 (разрушение бетона по истечении 7 суток при температуре +23°C)	
Прочность на растяжение (ASTM D 638), Н/мм ²	30	
Относительное удлинение при растяжении (ASTM D 638), %	1	
Прочность на сжатие (ASTM D 579), Н/мм ²	70	
Прочность на изгиб (ISO 178), Н/мм ²	40	
Модуль упругости при сжатии (ASTM D 579), Н/мм ²	8000	
Модуль упругости при изгибе (ISO 178), Н/мм ²	4000	

Подготовка основания

Перед нанесением шпаклевки **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** следует покрыть основание грунтовкой **MapeWrap Primer 1**.

Подготовка MapeWrap 11 или MapeWrap 12

В зависимости от температуры воздуха и времени работоспособности готовой смеси выберите **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** (последняя имеет большее время работоспособности). Вливается компонент В в компонент А и перемешиваются низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной серой пасты. Соотношение смешивания компонентов для обоих продуктов: 3 части по весу Компонента А на 1 часть по весу Компонента В. После смешивания, при температуре +23°C готовая смесь **MapeWrap 11** должна использоваться в течение 40 мин., а **MapeWrap 12** в течение 1 часа.

Нанесение MapeWrap 11 или MapeWrap 12

Наносится **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** при помощи зубчатого шпателя слоем 1 мм. на бетонную поверхность, предварительно обработанную грунтом **MapeWrap Primer 1**, пока грунтовка еще не высохла. После этого ровным шпателем разравниваются неровности на поверхности. Используйте эту же шпаклевку для заполнения выбоин и закругления углов (радиус должен быть не менее 2 см).

Шпаклевку **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** необходимо нанести в течение срока жизнеспособности смеси, поэтому следует использовать всю приготовленную смесь в указанный промежуток времени. Инструменты необходимо очистить растворителями (этиловый спирт, толуол и т.п.) до затвердевания продукта.

Углеродистую ткань **MapeWrap** укладывают на свежий слой шпаклевки **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**.

Расход материала: 1,55 кг/м² при укладке слоем 1 мм.

4.2.1.3 MapeWrap 21

MapeWrap 21 – жидкий полимерный эпоксидный состав для пропитки покрытия **MapeWrap** при укладке его «влажным» способом. Не содержит растворители.

Технические характеристики **MapeWrap 21** приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 Технические характеристики MapeWrap 21		
Характеристика продукта	Компонент А	Компонент В
Консистенция	Жидкость	Жидкость
Цвет	Желтоватый	Желтоватый
Удельная плотность (г/см ³)	1,12	1
Вязкость по Брукфильду (мПа*с)	380 (сдвиг ось 1-5 об.)	50 (сдвиг ось 1-50 об.)
Хранение	24 месяца в оригинальной закрытой упаковке при температуре от +10°C до +30°C	
Класс опасности для здоровья в соответствии с ЕС 99/45	Оказывает раздражающее действие	Оказывает коррозионное действие
	Перед применением прочтите пункт «Инструкция по безопасности при приготовлении и применении», информацию на упаковке и в Паспорте безопасности продукта.	
Соотношение компонентов	Часть А : часть В = 4:1	
Консистенция смеси	Жидкость	
Цвет смеси	Желтоватый	
Удельная плотность смеси (г/см ³)	1,1	
Вязкость по Брукфильду (мПа*с)	300 (ось 1-10 об.)	
Время использования смеси, мин.: при +10°C при +23°C при +30°C	60 40 20	
Время затвердевания смеси, мин.: при +10°C при +23°C при +30°C	90 50 30	
Температура нанесения	от +10°C до +30°C	
Адгезия к бетону (Н/мм ²)	> 3 (разрушение бетона по истечении 7 сут. при температуре +23°)	
Прочность на растяжение (ASTM D 638) (Н/мм ²)	30	
Относительное удлинение при растяжении (ASTM D 638), %	1,2	
Прочность на сжатие (ASTM C 579) (Н/мм ²)	65	
Прочность на изгиб (ISO 178)(Н/мм ²)	55	
Модуль упругости при сжатии (ASTM C 579) (Н/мм ²)	2000	
Модуль упругости при изгибе (ISO 178) (Н/мм ²)	2500	

Подготовка MapeWrap 21

Вливается компонент В в компонент А и перемешивается низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной текучей смолы. Соотношение смешивания компонентов: 4 части по весу А и 1 часть по весу В.

Продукт сохраняет удобоукладываемость в течение 40 минут при температуре +23°C.

Пропитка ткани составом MapeWrap 21

Ручная пропитка

Ткань **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**, предварительно разрезанное ножницами на куски нужных размеров опускается в пластиковую емкость, заполненную на 1/3 объема составом **MapeWrap 21**. Вынимается ткань из емкости, дается время на стекание состава, после чего руками в перчатках убираются излишки состава, не сминая самой ткани во избежание повреждения волокон.

В пропиточной машине

Вместо ручной пропитки можно использовать пропиточную машину – простейшее приспособление, оснащенное емкостью и роликами, которое обеспечивает лучшую пропитку и удаление излишков состава с ткани. Рекомендуется использовать указанный способ пропитки в тех случаях, когда речь идет об обработке конструкций большой площади. Указанная машина обеспечивает равномерную пропитку ткани. По окончании пропитки ткань следует применять незамедлительно.

Пропитанную составом **MapeWrap 21** ткань следует укладывать на свежую шпаклевку **Mapewrap 11** или **MapeWrap 12**.

Расход материала

Расход зависит от плотности ткани (см. таблицу 4.9).

Укладка ткани MapeWrap C UNI-AX или MapeWrap C UNI-AX HM

Следует удостовериться, что шпаклевочный состав **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** не высох, и затем накладывать ткань **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**, избегая образования складок. Разгладив ткань руками (в перчатках), прикатать ткань сверху роликом **Roller** для **MapeWrap** в продольном направлении так, чтобы волокна ткани вдавились в слой эпоксидной шпаклевки **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**. Для удаления пузырьков воздуха, образующихся при нанесении, необходимо прокатать ткань роликом **Roller** для **MapeWrap**.

Швы

При укладке ткани на опоры каждую следующую полосу следует класть с нахлестом в 20 см. на предыдущую. Эту операцию также следует выполнять при укладке полос ткани в продольном направлении. Для облегчения укладки следует перекрывать швы в полотне примерно на 2-3 см в направлении ширины полотна. После наклейки и прокатки роликом ткань **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM** не рекомендуется сдвигать.

Укладка MapeWrap C UNI-AX или MapeWrap C UNI-AX HM «сухим» способом

Последовательность операций:

- Подготовка **MapeWrap Primer 1**.
- Нанесение **MapeWrap Primer 1**.
- Подготовка **MapeWrap 11** или **Mapewrap 12**.
- Нанесение **MapeWrap 11** или **Mapewrap 12**.
- Подготовка **MapeWrap 31**.
- Нанесение 1-го слоя **MapeWrap 31**.
- Укладка ткани **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**.
- Пропитка ткани составом **MapeWrap 31**.
- Нанесение 2-го слоя **MapeWrap 31**.

Подготовка MapeWrap Primer 1

Смешиваются между собой оба компонента состава **MapeWrap Primer 1**. Вливаются компонент В в компонент А и перемешиваются низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной текучей смолы. Соотношение смешивания компонентов: 3 части по весу А и 1 часть по весу В. Во избежание ошибок при подготовке смеси рекомендуется использовать всю упаковку.

После приготовления **MapeWrap Primer 1** сохраняет удобоукладываемость в течение 90 минут при температуре +23°C.

Нанесение MapeWrap Primer 1

Грунтовка наносится при помощи кисти или валика равномерным слоем на очищенную и высушенную бетонную поверхность.

Если основание сильно впитывает наносимый состав, после полного впитывания первого слоя наносится второй. Выравнивается поверхность при помощи шпаклевки **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**, пока предыдущий слой остается свежеложенным.

Подготовка MapeWrap 11 или MapeWrap 12

В зависимости от температуры воздуха и времени работоспособности готовой смеси выбирается **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** (последняя имеет большее время работоспособности). Вливаются компонент В в компонент А и перемешиваются низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной серой пасты. Соотношение смешивания компонентов для обоих продуктов: 3 части по весу компонента А на 1 часть по весу компонента В. После смешивания при температуре +23°C готовая смесь **MapeWrap 11** должна использоваться в течение 40 мин., а **MapeWrap 12** – в течение 1 часа.

Нанесение MapeWrap 11 или MapeWrap 12

Наносится **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** при помощи зубчатого шпателя слоем 1 мм на бетонную поверхность, предварительно обработанную грунтом **MapeWrap Primer 1**, пока грунтовка еще не высохла. После чего шпателем убираются неровности на поверхности. Эта же шпаклевка используется для заполнения выбоин и закругления углов (радиус должен быть не менее 2 см).

4.2.1.4 MapeWrap 31

Подготовка MapeWrap 31

MapeWrap 31 – желеобразный эпоксидный состав, не содержащий растворителей. Применяется для пропитки покрытий **MapeWrap** для усиления бетонных и железобетонных конструкций «сухим» способом.

Технические характеристики **MapeWrap 31** приведены в таблице 4.7

Подготовка MapeWrap 31

Вливаются компонент В в компонент А и перемешиваются низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной текучей смолы. Соотношение смешивания компонентов: 4 части по весу А и 1 часть по весу В.

Продукт сохраняет удобоукладываемость в течение 40 минут при температуре +23°C.

Нанесение первого слоя MapeWrap 31

При помощи кисти или валика с коротким ворсом нанесите **MapeWrap 31** слоем приблизительно 0,5 мм на свежий слой **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**.

Укладка ткани MapeWrap C UNI-AX или MapeWrap C UNI-AX HM

Следует удостовериться, что **MapeWrap 31** остается свежим, и начинайте накладывать ткань **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**, избегая образования складок. Разгладив ткань руками (в перчатках), нанесите сверху второй слой **MapeWrap 31** и прикатайте ткань сверху **Roller**

для **МареWrap**, так чтобы волокна ткани полностью погрузились в слой шпатлевки. Для удаления пузырьков воздуха необходимо прокатать ткань алюминиевым роликом с червячным ходом.

Для обеспечения адгезии последующих материалов, которые наносятся для защиты «защитное покрытие», необходимо еще свежий слой **МареWrap 31** засыпать кварцевым песком.

Таблица 4.7 Технические характеристики МареWrap 31

Характеристики	Компонент А	Компонент В
Консистенция	паста	жидкость
Цвет	жёлтый	желтоватый
Удельная плотность (г/см ³)	1,05	1,12
Вязкость по Брукфильду (мПА*с)	1700 (ось 3–5 об.)	320 (ось 2–5 об.)
Хранение	24 месяца в оригинальной закрытой упаковке при температуре от +10°C до +30°C	
Класс опасности для здоровья в соответствии с ЕС 99/45	Оказывает раздражающее действие Перед применением прочтите пункт «Инструкция по технике безопасности при приготовлении и применении», информацию на упаковке и в Паспорте безопасности продукта.	Оказывает коррозионное
	Перед применением прочтите пункт «Инструкция по технике безопасности при приготовлении и применении», информацию на упаковке и в Паспорте безопасности продукта	
Соотношение компонентов	Часть А : часть В = 4:1	
Консистенция смеси	Желеобразная паста	
Цвет смеси	Желтый	
Удельная плотность смеси (г/см ³)	1,06	
Вязкость по Брукфильду (мПА*с)	7000 (ось 3–5 об.)	
Время использования смеси, мин.: при +10°C при +23°C при +30°C	60 40 20	
Время затвердевания смеси, мин.: при +10°C при +23°C при +30°C	90 50 30	

Таблица 4.7 Технические характеристики MapeWrap 31

Характеристики	Компонент А	Компонент В
Температура нанесения	от +5°C до +30°C	
Время полного отверждения, день	7	
Адгезия к бетону (Н/мм ²)	> 3 (разрушение бетона по истечении 7 сут. при температуре +23°)	
Прочность на растяжение (ASTM D 638) (Н/мм ²):	30	
Относительное удлинение при растяжении (ASTM D 638), %	1,2	
Прочность на сжатие (ASTM C 579) (Н/мм ²)	80	
Прочность на изгиб (ISO 178)(Н/мм ²)	70	
Модуль упругости при сжатии (ASTM C 579) (Н/мм ²)	3000	
Модуль упругости при изгибе (ISO 178) (Н/мм ²)	3800	

Швы

При усилении углеволоконной тканью оболочек и опор каждую следующую полосу следует класть с нахлестом в 20 см на предыдущую. Эту операцию также следует выполнять при укладке полос покрытия в продольном направлении. Для облегчения укладки перекрывайте швы в полотне примерно на 2-3 см в направлении ширины полотна. После укладки и прокатки роликом ткань **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM** не рекомендуется сдвигать.

Укладка ткани MapeWrap C UNI-AX или MapeWrap C UNI-AX HM в несколько слоев (в течение суток)

Используя «влажный» способ, выполните следующие операции:

- Пропитайте ткань составом **MapeWrap 21**.
- Выполните укладку ткань **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**

Используя «сухой» способ, выполните следующие операции:

- Нанесите первый слой **MapeWrap 31**.
- Выполните укладку ткани **MapeWrap C UNI-AX** или **MapeWrap C UNI-AX HM**
- Нанесите второй слой **MapeWrap 31**.

При укладке дополнительных слоев ткани по истечении 24 часов необходимо предварительно зачистить наждачной бумагой последний затвердевший слой.

Устройство защитного покрытия

Защитное покрытие выполняется после полного отвердевания эпоксидной системы двухкомпонентным эластичным цементным раствором **MAPELASTIC** или эластичной акриловой краской **ELASTOCOLOR**. Указанные материалы обеспечивают защиту конструкций от воздействия ультрафиолетового излучения, поэтому их применение рекомендовано для конструкций, подверженных воздействию прямых солнечных лучей.

Требования к укладке покрытия

- Укладку покрытия следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже +5°C и обеспечить защиту конструкций от дождя и пыли.
- По окончании работ необходимо выдерживать обработанные поверхности при температуре не ниже +5°C.

- Обеспечить защиту конструкций от дождя в течение 24 часов после окончания работ (при температуре не ниже +15°C), или на протяжении 3 суток при температуре ниже указанного значения.

Очистка инструментов

Ввиду высоких адгезивных свойств материалов рекомендуется промывать инструменты растворителями (этиловый спирт, толуол, и т.п.) до затвердевания.

Хранение

Хранить в сухом, закрытом месте.

Расход материалов при укладке ткани **MapeWrap C Uni-AX** приведен в таблицах 4.8 и 4.9.

Таблица 4.8 Расход материалов на грунтовку и шпаклевку

Расход материалов	Расход, г/м ²
Грунт, выравнивание, шпаклевание	
MapeWrap Primer 1	250-300
MapeWrap 11 или MapeWrap 12	1500-1600

Таблица 4.9 Расход материалов на пропитку ткани

Пропитка ткани MapeWrap C UNI-AX/HM	Тип UNI-AX	Расход, г/м ²	Ширина, см	Расход, г/м
MapeWrap 21	300	1200-1300	10	120-130
			20	240-260
			40	480-520
	320	1200-1300	40	480-520
	600	1800-1950	10	180-195
			20	360-390
MapeWrap 31	300	1000-1100	10	100-110
			20	200-220
			40	400-440
	320	1000-1100	40	400-440
	600	1500-1550	10	150-155
			20	300-310
			40	600-620

4.2.2 Углеволоконная ткань **MapeWrap C BI-AX**

MapeWrap C BI-AX – углеволоконная ткань перекрестного плетения равномерной плотности, характеризующаяся повышенным модулем упругости и большой механической прочностью на разрыв. Ткань может наклеиваться как «влажным», так и «сухим» способом с применением нижеуказанных эпоксидных составов:

- **MapeWrap Primer 1** – грунт для основания.
- **MapeWrap 11** и **MapeWrap 12** – шпаклевки для выравнивания поверхности и заделывания отверстий (при этом **MapeWrap 12** имеет более долгий срок жизнеспособности смеси, чем **MapeWrap 11**);
- **MapeWrap 21** – пропитка для укладки покрытия «влажным» способом;
- **MapeWrap 31** – пропитка для укладки покрытия «сухим» способом.

Упаковка

MapeWrap C UNI-AX или MapeWrap C UNI-AX HM поставляются в рулонах длиной 50 м, упакованных в картонные коробки, имеющие следующие обозначения

Материал	Плотность (г/м ²)	Ширина (см)	Площадь (м ² /м)	Площадь (м ² /рулон)
Mapewrap C UNI-AX 300/10	300	10	0,1	5
Mapewrap C UNI-AX 300/20	300	20	0,2	10
Mapewrap C UNI-AX 300/40	300	40	0,4	20
Mapewrap C UNI-AX 320/40	320	40	0,4	20
Mapewrap C UNI-AX 600/10	600	10	0,1	5
Mapewrap C UNI-AX 600/20	600	20	0,2	10
Mapewrap C UNI-AX 600/40	600	40	0,4	20
Mapewrap C UNI-AX HM 300/10	300	10	0,1	5
Mapewrap C UNI-AX HM 300/20	300	20	0,2	10
Mapewrap C UNI-AX HM 300/40	300	40	0,4	20
Mapewrap C UNI-AX HM 600/10	600	10	0,1	5
Mapewrap C UNI-AX HM 600/20	600	20	0,2	10
Mapewrap C UNI-AX HM 600/40	600	40	0,4	20

При укладке «влажным» способом ткань предварительно пропитывается **MapeWrap 21**, при укладке «сухим» способом ткань накладывается на слой **MapeWrap 31**, нанесенный на усиливаемую бетонную конструкцию.

Выпускается два вида покрытия **MapeWrap C BI-AX**, отличающихся плотностью и шириной рулона (20 и 40 см):

- **MapeWrap C BI-AX 230** (238 г/м²);
- **MapeWrap C BI-AX 360** (360 г/м²).

Технические характеристики ткани **MapeWrap C BI-AX** приведены в таблице 4.10

Таблица 4.10 Технические характеристики ткани MapeWrap C BI-AX

Характеристики	
Тип волокна	Углеродное высокопрочное
Вид	Перекрестное плетение
Удельный вес (г/см ³)	1,79
Таможенный код	6815 10 10
МАРЕWRAP C BI-AX 230/20, МАРЕWRAP C BI-AX 230/40	
Плотность (г/м ²)	238
Толщина сухого покрытия (мм)	0,064
Площадь сопротивления на единицу ширины (мм ² /м)	64,2
Прочность на разрыв (МПа)	> 4800
Максимальная нагрузка на единицу ширины (кН/м)	> 305
Модуль упругости на разрыв (ГПа)	230
Растяжение при разрыве (%)	2,1

Таблица 4.10 Технические характеристики ткани MapeWrap C BI-AX

Характеристики	
МАРЕWRAP C BI-AX 360/20, МАРЕWRAP C BI-AX 360/40	
Плотность (г/м ³)	360
Толщина сухого покрытия (мм)	0,10
Площадь сопротивления на единицу ширины (мм ² /м)	105
Прочность на разрыв (МПа)	> 4800
Максимальная нагрузка на единицу ширины 1 м (кН/м)	> 450
Модуль упругости на разрыв (ГПа)	230
Растяжение при разрыве (%)	2,1
Адгезия к бетону (МПа)	> 3 (разрушение бетона)

Расход материалов

Материал	Расход (г/м ²)
MapeWrap Primer 1	250-300
MapeWrap 11 – MapeWrap 12	1500-1600

Пропитка покрытия MapeWrap C BI-AX

Материал	Тип (BI-AX)	Расход (г/м ²)	Ширина (см)	Расход (г/м)
MapeWrap 21	230	1200-1300	20	240-260
			40	480-520
	360	1500-1650	20	300-330
			40	600-660
MapeWrap 31	230	1000-1100	20	200-220
			40	400-440
	360	1250-1400	20	250-280
			40	500-560

Материал применяется для:

- восстановления и обеспечения статичности, просевших и разрушающихся конструкций в местах, где требуется сохранить сопротивление изгибу и срезу;
- усиления конструкций, работающих на осевое усилие и изгиб (оболочки, мостовые устои, дымовые трубы);
- сейсмозащиты и реставрации конструкций сводчатой формы без увеличения их массы, а также для защиты внутренней образующей сводов от попадания влаги;
- ремонта и усиления конструкций, пострадавших при пожаре;
- усиление конструкций при изменении их расчетной схемы.

Материал применяется на конструкциях любых форм, не требует применения временных подпоров и полностью исключает коррозию.

Способ укладки ткани **MapeWrap C BI-AX**

Последовательность операций:

- подготовка основания;
- подготовка **MapeWrap Primer 1**;
- нанесение **MapeWrap Primer 1**;
- подготовка **MapeWrap 11 (MapeWrap 12)**;

- нанесение **MapeWrap 11 (MapeWrap 12)**;
- подготовка **MapeWrap 21** («мокрый способ») или **MapeWrap 31** («сухой способ»);
- пропитка ткани составом **MapeWrap 21**;
- нанесение 1-го слоя **MapeWrap 31** на основание;
- укладка ткани **MapeWrap C BI-AX**;
- нанесение 2-го слоя **MapeWrap 31** на ткань («сухой способ»).

Технология укладки тканей **MapeWrap C BI-AX** полностью аналогична технологии укладки тканей **MapeWrap C UNI-AX/HM**.

4.2.3 Углеволоконная высокопрочная ткань перекрестно-диагонального плетения **MapeWrap C QUADRI-AX**

MapeWrap C QUADRI-AX – это углеволоконная ткань перекрестно-диагонального плетения равномерной плотности, характеризующаяся повышенным модулем упругости (практически как у стали) и большой механической прочностью на разрыв. Ткань может накладываться как «влажным» так и «сухим» способом с применением нижеуказанных эпоксидных составов:

- **MapeWrap Primer 1** – укрепляющий раствор для обработки основания;
- **MapeWrap 11** и **MapeWrap 12** – шпаклевки для выравнивания поверхности и заделывания отверстий (при этом **MapeWrap 12** имеет более долгий срок жизнеспособности, чем **MapeWrap 11**);
- **MapeWrap 21** – пропитка для укладки покрытия «влажным» способом;
- **MapeWrap 31** – пропитка для укладки покрытия «сухим» способом.

При укладке «влажным» способом ткань предварительно пропитывается **MapeWrap 21**, при укладке «сухим» способом ткань накладывается на слой **MapeWrap 31**, нанесенный на усиливаемую бетонную конструкцию. Выпускаются два вида ткани **MapeWrap C QUADRI-AX**, отличающихся плотностью и шириной рулона (30 и 48,5 см):

- **MapeWrap C QUADRI-AX 380** (380 г/м²);
- **MapeWrap C QUADRI-AX 760** (760 г/м²).

Технические характеристики ткани **MapeWrap C QUADRI-AX** приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 Технические характеристики ткани MapeWrap C QUADRI-AX

Наименование	Характеристика
Тип волокна	Углеродное высокопрочное
Вид	Перекрестно-диагональное плетение
Удельный вес (г/см ³)	1,79
МАРЕWRAP C QUADRI-AX 380/30, МАРЕWRAP C QUADRI-AX 380/40	
Плотность (г/м ²)	380
Толщина сухого покрытия (мм)	0,053
Площадь сопротивления на единицу ширины (мм ² /м)	53,1
Прочность на разрыв (Мпа)	> 4800
Максимальная нагрузка на единицу ширины (кН/м)	> 254
Модуль упругости на разрыв (ГПа)	230
Растяжение при разрыве (%)	2,1
МАРЕWRAP C QUADRI-AX 760/30, МАРЕWRAP C QUADRI-AX 760/40	
Плотность (г/м ²)	760
Толщина сухого покрытия (мм)	0,106
Площадь сопротивления на единицу ширины (мм ² /м)	106,1

Таблица 4.11 Технические характеристики ткани MapeWrap C QUADRI-AX

Наименование	Характеристика
Прочность на разрыв (Мпа)	> 4800
Максимальная нагрузка на единицу ширины (кН/М)	> 500
Модуль упругости на разрыв (ГПа)	230
Растяжение при разрыве (%)	2,1
Адгезия к бетону (МПа)	> 3 (разрушение бетона)

Материал применяется для:

- усиления балочных и арочных пролетных строений, элементов опор;
- обеспечения требуемой сейсмостойкости элементов опор, арочных конструкций без увеличения их массы, а также для защиты внутренней образующей сводов от попадания влаги;
- усиления несущих конструкций мостов, реконструируемых ввиду изменения архитектурных решений или увеличения временных нагрузок.

Укладка MapeWrap C QUADRI-AX

Последовательность операций:

- подготовка основания;
- подготовка **MapeWrap Primer 1**;
- нанесение **MapeWrap Primer 1**;
- подготовка **MapeWrap 11 (MapeWrap 12)**;
- нанесение **MapeWrap 11 (MapeWrap 12)**;
- подготовка **MapeWrap 21** («мокрый способ») или **MapeWrap 31** («сухой способ»);
- пропитка ткани составом **MapeWrap 21**;
- нанесение 1-го слоя **MapeWrap 31** на основание;
- укладка ткани **MapeWrap C QUADRI-AX**;
- нанесение 2-го слоя **MapeWrap 31** на ткань («сухой способ»).

Технология укладки тканей **MapeWrap C QUADRI-AX** полностью аналогична технологии укладки тканей **MapeWrap C UNI-AX/HM**. Расход материалов приведен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 Расход материалов

Материал	Расход, г/ м²			
МapeWrap Primer 1	250-300			
МapeWrap 11 – МapeWrap 12	1500-1600			
Пропитка покрытия МapeWrap C QUADRI-AX				
	Тип МapeWrap C QUADRI-AX	Расход, г/м²	Ширина, см	Расход, г/м
МapeWrap 21	380	1800-2000	30	540-600
			48,5	870-970
	760	3150-3500	30	950-1050
			48,5	1530-1700
МapeWrap 31	380	2000-2100	30	600-700
			48,5	970-1020
	760	3500-3700	30	1050-1100
			48,5	1700-1800

Упаковка

Ткань MapeWrap C QUADRI-AX поставляется в рулонах длиной 50 м, упакованных в картонные коробки, и имеет следующие параметры

Углеволоконная ткань	Плотность (г/м²)	Ширина (см)	Площадь (м²/м)	Площадь (м²/рулон)
MapeWrap C QUADRI-AX 380/30	380	30	0,3	15
MapeWrap C QUADRI-AX 380/48	380	48,5	0,485	24,25
MapeWrap C QUADRI-AX 760/30	760	30	0,3	15
MapeWrap C QUADRI-AX 760/48	760	48,5	0,485	24,25

4.2.4 Пластины (ламели) из углеродных волокон CARBOPLATE

CARBOPLATE – пластины (ламели) из углеродных волокон, пропитанные эпоксидной смолой и защищённые двойной пластиковой пленкой. Применяются для восстановления и усиления бетонных и железобетонных конструкций, повреждённых процессами старения и естественными причинами, для антисейсмического усиления конструкций в сейсмоопасных зонах.

Процесс прикрепления пластин (ламель) **CARBOPLATE** к конструкции не требует устройства временного усиления конструкции на период укладки, тем самым устраняется риск коррозионного повреждения накладываемых усиливающих элементов.

CARBOPLATE представляет собой пластины (ламели) из углеродных волокон, обладающие повышенной прочностью и гибкостью, предназначенные для усиления предварительно напряжённых железобетонных и стальных конструкций.

CARBOPLATE может применяться в качестве замены обычных стальных листов, применяющихся для покрытия конструкций.

CARBOPLATE поставляется в различных вариантах по ширине (50, 100 и 150 мм) и в модификациях с тремя различными модулями упругости (170, 200 и 250 ГПа):

- **CARBOPLATE E 170;**
- **CARBOPLATE E 200;**
- **CARBOPLATE E 250.**

Благодаря своему составу и технологии изготовления, обеспечивающим равномерность свойств по всей площади материала пластины (ламеля), **CARBOPLATE** обладает следующими свойствами:

- высокой прочностью на растяжение;
- малой массой;
- небольшой толщиной;
- хорошей сопротивляемостью усталости.

Технические характеристики пластин **CARBOPLATE** приведены в таблице 4.13

Таблица 4.13 Технические характеристики пластин CARBOPLATE

Наименование характеристики	Характеристика материала		
Матрица	Эпоксидная смола		
Армирование	Высокопрочные углеродные волокна		
Цвет	Чёрный		
Свойства продукта			
	CARBOPLATE E170	CARBOPLATE E200	CARBOPLATE E250
Плотность (кг/дм³)	1,61	1,56	1,61
Содержание волокон (%)	68	68	65

Таблица 4.13 Технические характеристики пластин CARBOPLATE

Наименование характеристики	Характеристика материала								
Толщина, (мм)	1,4			1,4			1,4		
Ширина	50	100	150	50	100	150	50	100	150
Площадь сечения (мм ²)	70	140	210	70	140	210	70	140	210
Удельный вес (г/м)	113	225	338	109	218	328	113	225	338
Окончательные характеристики									
Прочность на растяжение (МПа)	≥3100			3,300			2500		
Модуль упругости (ГПа)	170			200			250		
Предельное растяжение (%)	2			1,4			0,9		
Сопротивление сдвигу (МПа)	77			70			79		
Коэффициент температурного расширения (м/м/°C)	0,6x10 ⁻⁶			0,8x10 ⁻⁶			0,4x10 ⁻⁶		

Материал применяется для:

- усиления и ремонта балок с целью повышения прочности на изгиб;
- усиления и ремонта конструкций, повреждённых огнём;
- антисейсмического усиления бетонных и железобетонных конструкций;
- усиления и ремонта плит, балок, арок и резервуаров с большим радиусом кривизны;
- усиления элементов виадуков при увеличении статических и динамических нагрузок.
- усиления конструкций, подверженных повышенной вибрации.
- усиления конструкций вследствие изменения расчетной схемы сооружения.

Подготовка основания

Бетонная поверхность должна быть абсолютно чистой, сухой, механически прочной и ровной (без неровностей более 1 мм). Все загрязнения поверхности бетона, остатки цементного молока необходимо удалить с поверхности пескоструйной очисткой. При плохом качестве бетона в поверхностных слоях необходимо удалить повреждённые участки ручным или механическим способом, либо методом гидро- и пневмообработки.

Необходимо удалить все следы ржавчины с прутьев металлической арматуры и покрыть их двухкомпонентным цементным раствором **MAPEFER**, замедляющим процесс коррозии металла, или однокомпонентным цементным раствором **MAPEFER 1K**, замедляющим процесс коррозии металла.

Ремонт дефектов бетонной поверхности можно произвести с использованием продукции серии **MAPEGROUT**.

Пластины (ламели) **CARBOPLATE** можно приклеивать только на полностью выдержанные (не менее 3 недель) бетонные поверхности.

Если усиление конструкции нужно провести немедленно, то для устранения дефектов бетонных поверхностей необходимо использовать эпоксидные растворы **ADESILEX PG1** и **ADESILEX PG2**.

Рекомендации:

- перед укладкой следует убедиться, что бетонное основание имеет прочность на растяжение более 1,5 МПа;
- не использовать **CARBOPLATE** для усиления не выдержанного бетона;
- для сильно пористых поверхностей или бетона, находящегося в условиях повышенной влажности, следует наносить **MapeWrap Primer 1** в качестве грунтовки перед приклеиванием **CARBOPLATE** (обратитесь к техническим инструкциям по приготовлению и нанесению продукта). Последующее нанесение составов **ADESILEX PG1** и **ADESILEX PG2** необходимо проводить, пока грунтовка **MapeWrap Primer 1** остаётся свежей.

Материалы для наклеивания пластин

При температуре от +5°C до +20°C следует применять **ADESILEX PG1**, а при температурах выше +20°C – раствор **ADESILEX PG2**, обладающий более высокой технологичностью.

Подготовка смеси

Смешиваются компоненты растворов **ADESILEX PG1** и **ADESILEX PG2**.

Вливается компонент В в компонент А и перемешиваются дрелью с насадкой-мешалкой до получения однородной смеси серого цвета.

Компоненты смеси поставляются в нужной пропорции. Не используйте компоненты состава по частям.

Наклеивание пластин (ламелей) CARBOPLATE

- Пластины (ламели) **CARBOPLATE** поставляются в рулонах, которые необходимо разрезать на месте строительства под необходимую длину при помощи пилы с алмазным диском.
- Стороны пластин (ламелей) защищены пластиковым покрытием, предотвращающим попадание грязи при распиливании пластин.
- Перед наклеиванием удалите защитный слой, после чего можно наносить выбранный эпоксидный клей.
- Нанесите грунтовочный состав **MapeWrap Primer 1** на поверхности, которые необходимо уплотнить (сильнопористые поверхности или бетон, находящийся в условиях повышенной влажности).
- Нанесите равномерный 1-1,5 мм слой состава **ADESILEX PG1** или **ADESILEX PG2** (в зависимости от температуры воздуха) при помощи плоского шпателя на ту сторону пластин, с которой было удалено защитное покрытие.
- Нанесите слой **ADESILEX PG1** или **ADESILEX PG2** на поверхность основания (она должна быть сухой и чистой). Если поверхность была обработана грунтовочным составом **MapeWrap Primer 1**, слой клея нужно наносить на свежешелую грунтовку.
- Приложите пластину **CARBOPLATE**, обеспечивая равномерное давление по всей поверхности при помощи жёсткого резинового валика. Удалите излишки клеящего состава шпателем, следя за тем, чтобы не сдвинуть пластину.
- Для приклеивания пластин на искривлённые поверхности, необходимо использовать зажимы или опоры для неподвижного удержания пластин до полного затвердевания клеящей смолы (обычно 24 часа). После этого крепления можно снять.

В случае, если необходимо приклеить несколько слоёв **CARBOPLATE**, перед приклеиванием новых пластин удалите защитную плёнку с другой стороны уже приклеенных пластин, но только после полного схватывания **ADESILEX PG1** или **ADESILEX PG2**.

Поверхность, на которую произвели приклеивание пластин **CARBOPLATE**, можно дополнительно обработать составами **MAPELASTIC** и **ELASTOCOLOR** или нанести огнеупорную краску. Защитный слой можно наносить на приклеенные пластины через 24 часа.

Меры предосторожности во время и после приклеивания пластин

- Процесс приклеивания пластин необходимо производить при температуре воздуха не ниже +5°C, конструкция должна быть защищена от дождя и пыли, приносимой ветром.
- После окончания работ необходимо поддерживать температуру выше +5°C.
- Защищать поверхность от дождя по крайней мере 24 часа, если не прогнозируется температура ниже +15°C, или по меньшей мере 3 дня, если температура будет ниже.

При приготовлении и приклеивании углеродных пластин, а также эпоксидных растворов (**ADESILEX PG1** или **ADESILEX PG2**) необходимо использовать водонепроницаемые защитные перчатки, защитные очки и одежду. Избегайте попаданий на кожу и глаза. В случае попадания на кожу, смойте вещество водой с мылом. При попадании в глаза промойте большим количеством воды и обратитесь к врачу.

При использовании продукта в закрытом помещении обеспечьте хорошую вентиляцию. Для получения дальнейшей информации обратитесь к паспорту безопасности продукта.

Очистка

Из-за повышенных клеящих характеристик **ADESILEX PG1** или **ADESILEX PG2** к металлу рекомендуется производить очистку инструментов растворителями (этиловым спиртом, толуолом и т.д.) до высыхания клеев.

Упаковка

CARBOPLATE поставляется в картонных коробках, содержащих рулоны по 25 м. каждый.

CARBOPLATE производится трех модификаций с модулями упругости 170, 200 и 250 ГПа и шириной 50, 100, 150 мм:

- **CARBOPLATE E 170/50/1,4**
- **CARBOPLATE E 170/100/1,4**
- **CARBOPLATE E 170/150/1,4**
- **CARBOPLATE E 200/50/1,4**
- **CARBOPLATE E 200/100/1,4**
- **CARBOPLATE E 200/150/1,4**
- **CARBOPLATE E 250/50/1,4**
- **CARBOPLATE E 250/100/1,4**
- **CARBOPLATE E 250/150/1,4**

Расход клея

Расход **ADESILEX PG1** или **ADESILEX PG2** зависит от ширины пластин **CARBOPLATE** и приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 Расход материалов

Ширина пластины CARBOPLATE , мм	Расход ADESILEX PG1 или ADESILEX PG2 , г/м
50	160-200
100	320-400
150	480-600

Хранение

Хранить в закрытом сухом месте.

4.2.5 MapeWrap C Fiocco, MapeWrap G Fiocco

MapeWrap C Fiocco, MapeWrap G Fiocco – шнур, изготовленный из однонаправленного углеродного волокна («C») или стекловолокна («G»), пропитываемый **MapeWrap 21**, предназначенный для создания анкерных структурных соединений.

MapeWrap C Fiocco и **MapeWrap G Fiocco** являются системами для структурного соединения, которые размещают внутри старой кирпичной кладки для обеспечения лучшей связи между основаниями (бетоном, деревом, кирпичом, камнем и т.д.) и тканями и ламелями (FRP System) компании MAPEI.

MapeWrap C Fiocco и **MapeWrap G Fiocco** являются частью линии продуктов системы FRP MAPEI, инновационной системы для упрочнения и статического усиления конструкций из железобетона, бетона и кирпича. Материал состоит из однонаправленных углеволоконных (**MapeWrap C Fiocco**) или стекловолоконных (**MapeWrap G Fiocco**) нитей, обмотанных марлевым листом, который придает им форму шнура. «Шнуры» имеют различный диаметр: 6, 8, 10 и 12 мм. Шнур можно использовать вместе с тканями линий системы FRP MAPEI, ламелями **Carboplate** и упрочняющими системами, создаваемыми при использовании Mapegrid для улучшения анкерных свойств, особенно для ремонта с целью упрочнения элементов работающих на изгиб и сдвиг.

Благодаря своему составу и технологическому процессу, который гарантирует одни и те же свойства по всем параметрам, **MapeWrap C Fiocco** и **MapeWrap G Fiocco** имеют следующие характеристики:

- высокую прочность на разрыв;
- небольшой вес;
- стойкость к щелочным гидроксидам в бетоне;
- стойкость к коррозии, включая наличие хлоридов и других агрессивных веществ;
- отличную усталостную прочность.

Технические характеристики ткани **MapeWrap G Fiocco** приведены в таблице 4.15

Таблица 4.15 Технические характеристики ткани MapeWrap G Fiocco

Технические характеристики	MapeWrap C Fiocco	MapeWrap G Fiocco
Тип волокна	Высокопрочный углерод	Стекло тип E
Внешний вид	«шнур», образованный однонаправленными волокнами, завернутыми в защитный марлевый лист	
Плотность (г/см ³)	1,8	2,62
Прочность при разрыве (Н/мм ²)	4,830	2,560
Модуль эластичности (Н/мм ²)	230,000	80,700
Удлинение при разрыве (%)	2	3
Эквивалентная поверхностная площадь сухого покрытия (мм ²):		
– Ø6	15,70	16,34
– Ø8	21,24	21,45
– Ø10	26,79	27,58
– Ø12	31,40	32,69

Материал применяется:

- усиление кирпичной и каменной кладки опор при помощи упрочняющей системы Mapegrid;
- соединения между и одноосно ориентированными листами из углеродного волокна (**Carboplate**) и полотен системы FRP MAPEI, применяемых для структурного упрочнения балок.

Последовательность операций:

- подготовка основания;
- сверление отверстий;
- подготовка **MapeWrap Fiocco**;
- подготовка **MapeWrap Primer 1**;
- нанесение **MapeWrap Primer 1**;
- подготовка **MapeWrap 31**, **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**;
- нанесение **MapeWrap 31**, **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**;
- установка **MapeWrap Fiocco**.

Подготовка основания

Если укрепляемая конструкция или арки, в которых будет проложен шнур, очень разрушены, следует отремонтировать поврежденные элементы перед установкой **MapeWrap Fiocco**. Рекомендуется удалить поврежденные и разрушенные части при помощи молотка, перфоратора. При наличии металлических арматурных стержней удалите все следы ржавчины и обработайте их двухкомпонентным антикоррозийным цементным составом **Mapefer** или однокомпонентным цементным составом **Mapefer 1K** (см. соответствующие Технические описания). Отремонтируйте поверхность при помощи материалов линии Mapegrout или MapeAntique, либо Planitor HDM/Planitor HDM Maxi (выберите наиболее подходящий материал, в соответствии с характеристиками и типом конструкции).

Сверление отверстий

Внешний диаметр **MapeWrap Fiocco** – 6, 8, 10 или 12 мм. Диаметр отверстий, просверленных в кирпичной кладке, должен составлять не менее 18-20 мм, а глубина не менее 20 см (глубину отвер-

ствий следует рассчитать в соответствии с толщиной кирпичной кладки). При соблюдении вышеуказанных инструкций материал, закачанный в отверстия, полностью покрывает **MapeWrap Fiocco**, что обеспечит достаточное закрепление в основании. После сверления отверстий удалите всю пыль и отслоившиеся частицы при помощи сжатого воздуха.

Подготовка MapeWrap Fiocco

Отрежьте куски **MapeWrap Fiocco** длиной минимум 40 см (длину следует рассчитать в соответствии с толщиной кладки). Размотайте защитную марлю со шнура до длины, равной глубине отверстия.

Пропитайте этот участок **MapeWrap 21** и затем замотайте марлю обратно, чтобы закрыть пропитанную часть.

Для гарантии хорошей адгезии при установке шнура в отверстие поверхность пропитанного участка шнура следует посыпать сухим кварцевым песком для придания шероховатости. После отверждения конструкция, полученная в соответствии с приведенными выше инструкциями, готова к применению.

Подготовка MapeWrap Primer 1

Смешайте между собой оба компонента состава **MapeWrap Primer 1**. Влейте компонент В в компонент А и перемешайте низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной текучей смолы. Соотношение смешивания компонентов: 3 части по весу А и 1 часть по весу В. Во избежание ошибок при подготовке смеси рекомендуется использовать всю упаковку. Если требуются использовать не весь объем упаковки, следует использовать высокоточные электронные весы (данная процедура может применяться и для других материалов).

После приготовления **MapeWrap Primer 1** сохраняет удобоукладываемость в течение 90 минут при температуре +23°C.

Нанесение MapeWrap Primer 1

После сверления и подготовки отверстий нанесите **MapeWrap Primer 1** круглой кистью или ершиком.

Если поверхность имеет большую впитываемость, нанесите второй слой **MapeWrap Primer 1** после полного впитывания первого, затем нанесите **MapeWrap 31**, **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** (выберите наиболее подходящий состав в соответствии с типом основания), пока предыдущий слой остается свежеложенным.

Подготовка MapeWrap 31, MapeWrap 11 или MapeWrap 12

Выбор материала зависит от типа заполняемого отверстия. Для горизонтальных отверстий, или отверстий на особенно пористых основаниях лучше использовать эпоксидные составы **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12**, в то время как для отверстий расположенных под небольшим углом или отверстий в плотном основании без внутренних трещин (например, в бетоне), лучше использовать эпоксидную смолу со средней вязкостью **MapeWrap 31**.

MapeWrap 11 или MapeWrap 12

MapeWrap 11 или **MapeWrap 12** следует выбирать в соответствии с окружающей температурой и временем удобоукладываемости (**MapeWrap 12** имеет более длительное время удобоукладываемости, чем **MapeWrap 11**).

В зависимости от температуры воздуха и времени работоспособности готовой смеси выберите **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** (последняя имеет большее время затвердевания). Вливается компонент В в компонент А и перемешивается низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной серой пасты. Соотношение компонентов: 3 части по весу компонента А на 1 часть по весу компонента В. После смешивания, при температуре +23°C **MapeWrap 11** следует использовать в течение 40 мин., а **MapeWrap 12** – в течение 1 часа.

MapeWrap 31

Компонент В вливается в компонент А и перемешивается низкоскоростной дрелью, оснащенной насадкой-мешалкой, до получения однородной пасты желтого цвета. Соотношение смешивания компонентов: 4 части по весу компонента А и 1 часть по весу компонента В.

Материал сохраняет удобоукладываемость в течение 40 минут при температуре +23°C.

Нанесение MapeWrap 31, MapeWrap 11 или MapeWrap 12

Полностью заполняются отверстия, предварительно обработанные **MapeWrap Primer 1**, пока он не начал схватываться. Для заливки **MapeWrap 11** или **MapeWrap 12** внутрь отверстий используют пустую силиконовую трубу или экструзионный пистолет, в то время как нанесение **MapeWrap 31** можно проводить заливкой в отверстие.

Установка MapeWrap Fiocco

После заполнения отверстий медленно и осторожно устанавливается подготовленный по вышеуказанным инструкциям **MapeWrap Fiocco** так, чтобы излишки **MapeWrap** вытеснились из отверстия. Излишки **MapeWrap** затем следует удалить металлическим шпателем, чтобы не допустить образования участка, где установленный **MapeWrap Fiocco** слишком утолщается и для увеличения его адгезии. Выходящая из анкерного отверстия часть шнура должна быть широко раскрыта (разделена на нити), пропитана **MapeWrap 31** и приклеена на соединяемую конструкцию. Для приклеивания необходимо предварительно нанести **MapeWrap 31** на основание. Эпоксидная смола является изоляционным материалом. Если стальные элементы должны быть соединены с использованием **MapeWrap C Fiocco**, рекомендуется предварительно произвести укладку между двумя элементами «изоляционного слоя» из стекловолоконного полотна.

При несоблюдении данных мер предосторожности могут возникать «гальванические токи» из-за разного электрохимического потенциала между металлическими и углеродными волокнами, а следовательно, развиваться коррозия. Нанесите равномерный слой **MapeWrap 31** (см. Техническое описание) на уложенную предварительно грунтовку пока она не затвердела, кистью или валиком с коротким ворсом. Затем сразу уложите полотно **MapeWrap G UNI-AX** на свежий слой **MapeWrap 31**. Убедитесь, что оно уложено без складок и загибов. Нанесите второй слой **MapeWrap 31** и затем прокатайте поверхность валиком **MapeWrap Roller** для полного проникновения клея в волокна полотна и удаления пузырьков воздуха, образовавшихся при нанесении клея. После этого можно укладывать шнур с расширенным выходящим из отверстия краем.

В случае нанесения финишного слоя для обеспечения хорошей адгезии со следующим материалом последний слой эпоксидной смолы до его затвердевания необходимо посыпать очень мелким сухим песком.

Защитный слой

В соответствии с требуемым внешним видом после полного отверждения эпоксидной упрочняющей системы можно наносить различные защитные покрытия, например, эластичный цементный раствор Mapelastic, эластичную акриловую краску Elastocolor, однокомпонентный цементный раствор Planitop 200.

Указанные выше продукты образуют эффективную защиту от ультрафиолетовых лучей для конструкций, подверженных воздействию прямого солнечного света.

Безопасность при проведении работ

- Рабочие должны использовать защитные перчатки, очки и маски.
- После пропитки края шнура материалом **MapeWrap 21** и размещения шнура в кирпичной кладке посыпать его сухим кварцевым песком.
- Основания, на которые производят укладку **MapeWrap Fiocco**, должны быть сухими, чистыми и механически прочными.
- Укладку материала следует проводить при температуре окружающего воздуха не ниже +5°C. Следует также обеспечить защиту конструкций от дождя и пыли.
- По окончании работ необходимо выдержать обработанные поверхности при температуре не ниже +5°C.
- Следует обеспечить защиту конструкций от дождя в течение 24 часов после окончания работ (при температуре не ниже +15°C) или на протяжении 3 суток при температуре ниже указанного значения.

Очистка

Из-за высокой адгезионной прочности эпоксидных систем рекомендуется очищать рабочие инструменты растворителями (такими, как этанол, ксилол, разбавители и др.) до их отверждения.

Упаковка

МареWrap C Fiocco и **МареWrap G Fiocco** поставляются разного диаметра, упакованные в коробки в виде рулонов длиной по 10 м.

Хранение.

Хранить в закрытом сухом месте.

4.2.6 Maperod C 150/10

Maperod C 150/10 – стержни из однонаправленных углеродных волокон, предварительно пропитанные эпоксидно-модифицированным виниловым эфиром, улучшающим адгезию и прочность при растяжении для структурного армирования бетона и кирпичной кладки.

Применение

Для структурного армирования бетона и элементов кладки.

Для восстановления и усиления бетона, каменных и, кирпичных сооружений, повреждённых физико-механическими воздействиями.

Для антисейсмического усиления конструкций в сейсмоопасных зонах.

Технические характеристики **Maperod C 150/10** приведены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 Технические характеристики Maperod C 150/10

Наименование	Характеристика материала
Матрица	Эпоксидно-модифицированный виниловый эфир
Тип волокна	Высокопрочное углеволокно
Удельная плотность (г/см ³)	1,54
Номинальный диаметр (мм)	9,7
Содержание углеволокон по весу (%)	71
Поперечная секция (мм ²)	73,9
Прочность на разрыв (Н/мм ²)	2000
Модуль эластичности на разрыв (Н/мм ²)	155.000
Удлинение в точке разрыва (%)	1,5
Коэффициент линейного расширения (м/м/°C)	6-10x10 ⁻⁶

5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

При производстве работ по усилению железобетонных конструкций композитными материалами следует соблюдать требования настоящих Технических указаний [21].

5.1 Входной контроль

5.1.1 Входной контроль распространяется на все используемые при производстве работ материалы. До начала работ проверяется наличие сопроводительной документации, проводится осмотр состояния упаковки и внешнего вида материалов, проверяется их вес.

5.1.2 Углеродные ленты, тканые полотна, ламели, компоненты для приготовления адгезива поставляются партиями. Партией считается количество материала одного назначения, изготовленное по одному технологическому режиму из сырья с однородными свойствами и оформленное одним документом о качестве.

5.1.3 Документ о качестве должен содержать следующие данные:

- наименование предприятия-изготовителя;
- дата оформления документа о качестве;
- номер партии;
- наименование продукции;
- количество упаковочных мест;
- результаты испытаний;
- допустимый срок хранения;
- штамп и подпись отдела контроля качества предприятия-изготовителя.

5.1.4 Перед приготовлением связующего проверяется наличие сопроводительной документации и качество упаковки компонентов.

5.1.5 Фактический срок хранения материалов не должен превышать допустимый по паспорту.

5.2 Операционный контроль

5.2.1 Перед наклейкой лент осуществляется контроль качества основания в соответствии с требованиями.

5.2.2 Внешний вид поверхности (отсутствие загрязнений, масляных пятен и др.) оценивается визуально, плоскостность – с помощью металлической линейки и щупа.

5.2.3 Прочность бетона основания определяется одним из методов неразрушающего контроля прочности в соответствии с ГОСТ 22690-88 или ультразвуковым методом в соответствии с ГОСТ 17624-87.

5.2.4 В процессе приготовления адгезива контролируется точность дозирования компонентов, однородность массы после перемешивания, отсутствие посторонних включений и сгустков (визуально).

5.2.5 При нанесении адгезива на поверхность бетона визуально и по весовому расходу контролируются толщина и равномерность слоя, отсутствие непокрытых участков.

5.2.6 При укладке и пропитке лент визуально и по весовому расходу контролируются толщина и равномерность слоя адгезива, отсутствие непропитанных участков, складок, ориентация волокон. Отклонение волокон от принятой проектом ориентации не должно превышать 5 градусов.

5.2.7 В процессе наклейки и отверждения усиливающих элементов регистрируется температура окружающей среды, влажность, температура на поверхности бетона и продолжительность отверждения.

5.3 Приемочный контроль

5.3.1 По завершении отверждения осуществляется визуальный контроль с целью выявления внешних дефектов (раковин, выступающей текстуры армирующего наполнителя).

5.3.2 Контроль внутренних дефектов (непроклеенных мест, расслоений) осуществляется путем акустического зондирования, легкого простукивания поверхности накладки молотком, либо другим методом неразрушающего контроля.

5.3.3 По результатам контроля проводится оценка влияния расслоений на конструкционную целостность усиливаемого элемента. При этом учитывается размер расслоений, их расположение и количество относительно общей площади усиливающего элемента.

5.3.4 Допускаются расслоения площадью каждое менее 10 см². Суммарная площадь расслоений должна быть менее 3% общей площади накладки.

5.3.5 Расслоения площадью более 10 см² должны быть отремонтированы путем вырезания дефектных участков и установки заплатки с таким же количеством слоев.

5.3.6 Результаты входного, операционного и приемочного контроля заносятся в сопроводительную документацию производства работ.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

6.1 Общие положения [26]

6.1.1 Работы по ремонту искусственных сооружений должны проводиться с соблюдением требований техники безопасности, установленных:

- СНиП 12-03-2001 Строительные нормы и правила «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования» [11];
- СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство» [12];
- Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ в путевом хозяйстве;
- Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ по реконструкции и капитальному ремонту искусственных сооружений;
- Правилами безопасности для работников железнодорожного транспорта на электрифицированных линиях;
- ПОТ Р М-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок;
- Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением* 02.07.2003;
- Правилами устройства и безопасной эксплуатации воздушных компрессоров и паровых котлов;
- Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве погрузочно-разгрузочных работ, связанных с железнодорожным транспортом;
- Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.

Требования перечисленных правил должны соблюдаться независимо от вида применяемых ремонтных материалов, включая специальные бетоны из сухих смесей.

6.1.2 Все работы, связанные с ремонтом пролетных строений, должны выполняться под руководством и постоянным наблюдением должностного лица в соответствии с Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ.

Ответственность за безопасность движения поездов, а также за соблюдение требований техники безопасности при производстве работ и производственной санитарии несет руководитель работ.

6.1.3 До начала работ на действующих путях или непосредственно возле них место работ должно быть ограждено в соответствии с инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ, Инструкцией по сигнализации на железных дорогах, а также Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ в путевом хозяйстве.

6.1.4 Запрещается приступать к работам до тех пор, пока руководитель работ не будет иметь подтверждение о том, что заявка о выдаче предупреждений принята к исполнению.

6.1.5 Для оповещения о приближении поезда рабочих, занятых на работах по ремонту искусственных сооружений, когда место работ не ограждено сигналами остановки или уменьшения скорости, должен устанавливаться сигнальный знак С.

6.1.6 В условиях плохой видимости и при работах с электро- и пневмоинструментом и механизмами, ухудшающими слышимость, необходимо принимать дополнительные меры по обеспечению безопасности работающих в соответствии с Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ в путевом хозяйстве.

6.1.7 На линиях, где поезда движутся со скоростью свыше 120 км/ч, должны соблюдаться дополнительные требования к производству работ и технике безопасности, изложенные в соответствующих документах.

Не менее чем за 10 мин до подхода поезда, идущего со скоростью более 120 км/ч, работы на мосту должны быть прекращены, путь должен быть приведен в исправное состояние, материалы и инструменты убраны с пути.

Руководитель работ обязан перед проходом поезда, идущего со скоростью более 120 км/ч, заблаговременно вывести рабочих за пределы сооружения независимо от его длины с таким расчетом, чтобы за 5 мин до прохода поезда отвести рабочих в сторону от пути.

6.1.8 Запрещается:

- приступать к работам до ограждения в установленном порядке мест их производства сигналами;
- снимать сигналы до полного окончания работ, проверки состояния пути и соблюдения габарита. Полным окончанием работ считается выполнение их в таком объеме, который обеспечивает безопасный пропуск поездов по месту работ с установленной на период их производства скоростью.

6.1.9 Во всех случаях производства работ на мостах за участок работы принимается полная его длина, т. е. границами участка работ являются задние стенки устоев. При наличии на участке моста длиной более 500 м порядок ограждения места работ устанавливает начальник дороги.

6.1.10 Если при ограждении работ сигналами остановки место укладки петард и установки переносного сигнала уменьшения скорости попадает на мост, укладку петард и установку сигналов уменьшения скорости производят за устоями моста.

6.1.11 Непосредственно перед началом работ руководитель обязан указать каждому работнику, куда тот должен складывать материал и куда отходить при проходе поезда.

Во время работы руководитель обязан следить за тем, чтобы инструмент не мешал передвижению рабочих, а материалы были аккуратно сложены и не мешали работающим при приближении поезда быстро укрыться на площадках-убежищах или в другом месте, указанном перед началом работ руководителем.

6.2 Приспособления и устройства для безопасного ведения работ

6.2.1 Работы по ремонту искусственных сооружений на высоте более 2 м должны проводиться с применением лестниц, подвесных подмостей и других вспомогательных устройств. Кроме того, рабочие должны использовать предохранительные пояса и другие приспособления, удовлетворяющие требованиям безопасного ведения работ.

6.2.2 Подмости должны быть устроены по утвержденному проекту и могут быть допущены к эксплуатации только после того, как выдержат испытания в течение 1 ч статической нагрузкой, превышающей нормативную на 20%, и динамической, превышающей нормативную на 10%. Крючья для подвески подмостей должны быть заранее испытаны нагрузкой, вдвое превышающей расчетную, в течение не менее 15 мин. Все испытания надлежит оформить актом.

6.2.3 Ширина подмостей должна быть не менее 1 м.

6.2.4 Навешивание крючьев и петель для подвесных подмостей и устройство подмостей необходимо поручать только верхолазам. Места для подвески крючьев и петель определяются заблаговременно.

6.2.5 Состояние подмостей должен проверить мостовой мастер до начала работ.

6.2.6 Подмости необходимо располагать вне габарита приближения строений. Места устройства и разборки подмостей в пределах габарита приближения строений ограждают сигналами остановки.

6.2.7 В случае многократного использования подвесных подмостей они могут быть допущены к эксплуатации без испытания при условии, что конструкция, на которую они навешиваются, проверена на нагрузку, превышающую расчетную не менее чем в два раза.

6.2.8 Перемещать подмости в поперечном и продольном направлениях при скорости ветра более 10 м/с не допускается. До перемещения подмости должны быть освобождены от материалов и на них не должно быть людей.

6.2.9 Переносные (приставные) лестницы должны иметь ступеньки, врезанные или вдолбленные в тетивы, и быть стянуты металлическими стяжками. Применение лестниц со ступеньками, пришитыми гвоздями, не допускается. Не допускается также наращивание лестниц. Длину лестницы принимают такой, чтобы можно было работать со ступеньки, находящейся от верхнего конца лестницы на расстоянии не менее 1 м, но не более 5 м.

6.2.10 Концы переносных лестниц должны быть снабжены штырями при установке их на мягкий грунт и резиновыми башмаками при установке на твердое основание.

6.2.11 Переносные лестницы перед эксплуатацией необходимо испытать статической нагрузкой 1,2 кН, приложенной к одной из ступеней посередине пролета лестницы, находящейся в эксплуатационном положении. В процессе эксплуатации деревянные лестницы необходимо испытывать каждые полгода.

6.2.12 Работать механизированным инструментом с приставных лестниц запрещается.

6.2.13 Не допускается применять в качестве подмостей стремянки с уложенными на них досками, а также отдельные доски, уложенные на элементы пролетных строений и не скрепленные в щиты.

6.2.14 Подмости должны быть ограждены прочными перилами высотой не менее 1 м, а в нижней части иметь бортовую доску высотой не менее 15 см. Доски настила должны быть прочно сшиты.

6.2.15 Настилы подмостей и приставных лестниц при производстве работ необходимо очищать от грязи, снега, льда и в зимнее время посыпать песком.

6.2.16 Подача приспособлений, деталей, материалов и инструментов массой до 10 кг наверх и спуск их на землю должны производиться при помощи «удочки», до 25 кг – «удочки», перекинутой через ролик, и свыше 25 кг – при помощи полиспаста или лебедки.

6.2.17 Грузовые крюки грузоподъемных средств (строп, траверс), применяемых при производстве работ, должны быть снабжены предохранительными устройствами, предотвращающими самопроизвольное выпадение груза.

6.3 Техника безопасности при работе с полимербетонами и эпоксидными смолами

6.3.1 Рабочие, перед тем как быть допущенными к самостоятельной работе, должны пройти курс обучения, инструктаж по технике безопасности и противопожарной безопасности.

6.3.2 Рабочие, занятые на изготовлении полимербетонных изделий, должны иметь спецодежду и индивидуальные защитные средства, состоящие из прорезиненного фартука, комбинезона из плотной ткани, резиновых сапог, резиновых перчаток.

6.3.3 При поступлении на работу рабочие должны пройти предварительный медицинский осмотр. Периодические медицинские осмотры рабочих должны проводиться не реже одного раза в 12 мес.

6.3.4 Для рабочих должны быть оборудованы гардеробные для хранения чистой одежды, белья и отдельно спецодежды, умывальники и душ с горячей водой, а также медицинские аптечки.

6.3.5 Спецодежда во время работы должна быть застегнута, рукава должны быть плотно завязаны у запястья. Выполнение любых операций незащищенными руками не допускается. После окончания работы необходимо принимать горячий душ.

6.3.6 Рабочие должны иметь сокращенный рабочий день и спецпитание согласно утвержденному списку производств, цехов и профессий с вредными условиями труда.

6.3.7 За хранением заполнителей и ядовитого отвердителя в закрытом помещении должен осуществляться контроль.

6.3.8 Эпоксидные смолы, их отвердители – токсичные материалы, при работе с которыми необходимо соблюдать Санитарные правила при работе с эпоксидными смолами.

6.3.9 К работе с полимерными материалами допускаются лица, предварительно прошедшие медицинский осмотр и ознакомленные с токсичными свойствами этих материалов, правилами техники безопасности, мерами профилактики. Не допускать загрязнения воздуха на месте работы вредными веществами, исключать их попадание на кожу.

6.4 Меры безопасности при обслуживании машин, механизмов и приспособлений, применяемых при ремонтных работах

6.4.1 Работы, связанные с обслуживанием машин, механизмов и приспособлений, должны выполняться в соответствии с требованиями типовых инструкций и указаний по технике безопасности для данного оборудования, утвержденных в установленном порядке органами государственного надзора, министерствами и ведомствами.

6.4.2 К управлению механизмами допускаются лица, имеющие соответствующие удостоверения о сдаче испытаний по техминимуму и знанию правил техники безопасности.

6.4.3 При работе с электроинструментом необходимо соблюдать требования электробезопасности. При переносе электроинструмента с одного места на другое он должен быть выключен.

6.4.4 Запрещается работать с электроинструментом, имеющим замыкание на корпус.

6.4.5 Корпус электродвигателя передвижного компрессора должен быть заземлен.

6.4.6 Электрические провода, подводящие напряжение к электроинструменту, должны иметь исправную изоляцию. Электрические провода от электродвигателя компрессора должны быть заключены в резиновый шланг. Рекомендуются применять шланговые провода. Рубильники должны быть закрытого типа и устанавливаться у точки присоединения к сети самого агрегата.

6.4.7 Запрещается оставлять без надзора механизмы с работающими (включенными) двигателями.

6.4.8 При выполнении электросварочных и газопламенных работ необходимо выполнять требования СНиП 12-03-2001, а также санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов.

6.4.9 Пневматическое оборудование, механизмы и инструменты, применяемые при выполнении ремонтных работ на мостах, должны быть испытаны в установленном порядке перед началом работ.

6.4.10 Запрещается пользоваться установками и аппаратами, работающими под давлением, при отсутствии или неисправности манометров и предохранительных клапанов. Исправность манометров необходимо проверять перед началом производства работ. Присоединять и разъединять линии, подводящие воздух от компрессора к пневматическому инструменту, разрешается только после прекращения подачи воздуха и снятия избыточного давления.

6.4.11 При работе с лакокрасочными материалами и летучими органическими растворителями должны строго выполняться правила личной гигиены, промышленной санитарии, безопасных методов ведения окрасочных работ, защиты от токсичных веществ.

6.4.12 На рабочих местах должна обеспечиваться пожарная безопасность в соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ и Правил пожарной безопасности при производстве сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства, утвержденных ГУПО МВД, а также действующими ведомственными инструкциями.

6.4.13 Все работники, занятые на ремонте искусственных сооружений эксплуатируемой сети железных дорог, должны проходить обучение и инструктаж по охране труда, технике безопасности производственной санитарии и трудовому законодательству. После окончания обучения и в дальнейшем ежегодно должна проводиться проверка знаний работниками безопасных методов производства работ.

6.4.14 Порядок и сроки проведения обучения и проверки знаний устанавливаются в соответствии с указаниями ОСТ 32736-83 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения и проверка знаний по охране труда работниками железнодорожного транспорта. Основные положения».

6.4.15 Руководители организаций, производящих ремонтные работы на искусственных сооружениях, обязаны обеспечивать работающих спецодеждой и спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты.

6.4.16 Все мероприятия по технике безопасности и охране труда разрабатываются с учетом конкретных условий на объекте и должны быть освещены в соответствующем разделе проекта производства работ.

6.5 Меры безопасности при приготовлении и установке эпоксидных систем

При приготовлении и нанесении данных эпоксидных систем рабочие должны использовать защитную одежду, водонепроницаемые резиновые перчатки, очки и защитные маски. Избегать контакта продуктов с глазами и кожей. При попадании токсичных составов на кожу или в глаза следует промыть их большим количеством воды с мылом и обратиться к врачу. При приготовлении и нанесении данных продуктов запрещается курить и использовать открытое пламя.

При организации работ наряду с указаниями настоящих ТУ необходимо руководствоваться:

- Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [3];
- Инструкцией по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации [4];
- Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ [5];
- Инструкцией по содержанию искусственных сооружений [6];
- Правилами по охране труда при содержании и ремонте железнодорожного пути и сооружений [7];
- Правилами техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ по реконструкции и капитальному ремонту инженерных сооружений [8].

При выполнении отдельных видов ремонта и усиления надлежит соблюдать требования ряда других нормативных документов, на которые даны ссылки в соответствующих пунктах настоящих ТУ.

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

7.1 Общие положения

7.1.1 При проектировании и усилении железобетонных конструкций необходимо соблюдать требования СНиП 2.05.03-84*, СНиП 52-01-2003, СНиП II-23-81*, СНиП 2.01.07-85*, СНиП 2.01.02-85*, СНиП 3.04.01-87, СНиП 3.04.03-85, СНиП 2.03.11-85 и настоящих Технических указаний.

7.1.2 При проектировании усиления железобетонных конструкций с использованием внешнего армирования из углеволоконных композитных материалов (далее УKM) следует использовать метод расчета по предельным состояниям (СНиП 2.05.03-84*, ГОСТ 27751-88).

7.1.3 Необходимо соблюдать указания об обеспечении требуемой надежности конструкций от возникновения предельных состояний, предусмотренных ГОСТ 27751-88 (СТ СЭВ 384-87). Важным условием надежной эксплуатации усиленных с помощью УKM конструкций является соблюдение конструктивных требований:

- конструкция усиливающих накладок (форма, размеры, количество слоев) назначается на основании расчетов;
- максимальное количество слоев в накладке ограничивается расчетной силой сцепления с поверхностью основания;
- расчет системы усиления на основе УKM требует рассмотрения нескольких видов разрушения и предельных состояний усиленного элемента.

7.1.4 Углеродная лента (ламель) по длине наклейки должна выходить за пределы усиливаемой зоны не менее, чем на 100 мм (зона анкеровки) при прочности бетона основания на сжатие более 25 МПа, и на 150-200 мм при прочности бетона менее 25 МПа.

7.1.5 При многослойной конструкции элемента усиления каждый последующий слой должен быть короче предыдущего на длину анкеровки. Такое решение позволяет снизить концентрацию нормальных и касательных напряжений в концевых зонах. Для неразрезных балок с однослойным усилением накладка должна быть продлена не менее, чем на 150 мм за точку нулевого момента от расчетных нагрузок. В случае многослойного усиления каждый последующий слой должен быть короче предыдущего на 150 мм.

7.1.6 При работе изгибаемых элементов, усиленных композитными материалами, так же как и в традиционно армированных железобетонных элементах возможно образование трещин. В зоне трещин и композитного усиления возникает сложное напряженное состояние, характеризующееся высокой концентрацией напряжений сдвига по контакту «бетон-композит». При дальнейшем развитии трещин с увеличением нагрузки в этой зоне возможно частичное отслоение композитного усиления. Для ограничения длины распространения отслоения, а также для увеличения анкеровки элементов усиления в концевых зонах целесообразно наряду с продольным армированием устраивать конструктивное поперечное армирование в виде хомутов из лент или ламели. Расстояние между хомутами не должно превышать 2-2,5 м. [21] Устройство этих хомутов уменьшает условный пролет композитного усиления вдоль элемента, что одновременно способствует увеличению жесткости усиленной конструкции. При производстве работ по усилению с устройством хомутов следует чередовать наклейку продольных слоев и хомутов таким образом, чтобы каждый последующий продольный слой был перехвачен соответствующим хомутом.

7.1.7 В балочных конструкциях для усиления по наклонным сечениям в приопорной зоне могут быть установлены вертикальные, либо наклонные хомуты. Хомуты наклеиваются поверх продольной накладки нижнего пояса, чтобы обеспечить ее лучшую анкеровку.

7.2 Основные расчетные положения

7.2.1 За основной метод расчета принят метод предельных состояний. Расчет конструкций, усиленных УKM, по первой группе предельных состояний производится во всех случаях. Расчет по второй группе предельных состояний производится только в тех случаях, когда расчетная нагрузка после усиления увеличивается.

7.2.2 Расчет системы усиления на основе УKM требует рассмотрения нескольких видов разрушения и предельных состояний усиленного элемента. Поэтому сначала рекомендуется ориентировочно назначить площадь сечения УKM выбранного типа и затем изменять её в соответствии с

результатами проверок соответствующих предельных состояний. Расчеты проводятся итерационно, поэтому желательно применение компьютерных программ для автоматизации вычислений.

7.2.3 Определение усилий в элементах конструкций проводится с учётом данных, полученных при обследовании до усиления.

7.2.4 Характеристики бетона и арматуры при отсутствии в них повреждений принимаются в соответствии со СНиП 2.05.03.84*.

7.2.5 При наличии результатов обследования конструкций назначение характеристик бетона и арматуры усиляемых элементов производят с учетом требований СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» [1].

7.2.6 Физико-механические свойства волокон и отвержденных пластиков по данным производителя Mapei представлены в таблицах 7.1-7.3.

Таблица 7.1 Физико-механические свойства углепластиков-ламелей

Наименование материала	толщина, мм	ширина, мм	Модуль упругости E_{II} , ГПа	R_{kII} , МПа	растяжение при разрыве ε_r , %	Содержание волокон (наполнение), %
Mapei® Carboplate E 170	1,4	50, 100, 150	170	> 3100	2	68
Mapei® Carboplate E 200	1,4	50, 100, 150	200	3300	1,4	68
Mapei® Carboplate E 250	1,4	50, 100, 150	250	2500	0,9	65

Таблица 7.2 Физико-механические свойства углепластиков-тканей (холстов)

Наименование материала	Толщина, мм	Ширина, мм	Модуль упругости, ГПа	Нормативное сопротивление, МПа	Растяжение при разрыве %	Плотность г/м ²
MapeWrap® C UNI-AX 300/10, 300/20, 300/40	0,167	100, 200, 400	230	4800	2,1	300
MapeWrap® C UNI-AX 600/10, 600/20, 600/40	0,335	100, 200, 400	230	4800	2,1	600
MapeWrap® C QUADRI-AX 380/30; 380/48	0,053	300, 485	230	> 4800	2,1	760
MapeWrap® C QUADRI-AX 760/30, 760/48	0,106	300, 485	230	> 4800	2,1	760

Таблица 7.3 Физико-механические свойства смол

Марка фирмы-производителя	Температура	Время использования смеси, мин	Прочность на растяжение R_p , МПа	Относительное удлинение δ , %	Модуль упругости на сжатие, МПа	Модуль упругости при изгибе E_{II} , ГПа	Прочность на изгиб R_{II} , МПа	Температура нанесения, $T_{прим}$, °С
MapeWrap® 31	10°C 23°C 30°C	60 40 20	30	1,2	30	38	70	+5°C...+30°C
MapeWrap® 21	10°C 23°C 30°C	60 40 20	30	1,2	20	25	55	+10°C...+30°C
Mape® Adesilex PG1	10°C 23°C 30°C	60 40 25	30	1	80	40	40	+5°C...+30°C

Таблица 7.3 Физико-механические свойства смол

Марка фирмы-производителя	Температура	Время использования смеси, мин	Прочность на растяжение R_p , МПа	Относительное удлинение δ , %	Модуль упругости на сжатие, МПа	Модуль упругости при изгибе E_v , ГПа	Прочность на изгиб R_v , МПа	Температура нанесения, $T_{прим}$, °C
Mape® Adesilex PG2	10°C 23°C 30°C	150 60 35	30	1	80	40	40	+10°C...+30°C

Плотность углеродного волокна находится в пределах 1,5-1,6 г/см³, а – стали 7,9 г/см³

Коэффициент линейного температурного расширения К.л.т.р УКМ зависит от типа волокна, смолы и объемного содержания волокна. К.л.т.р для армирующих материалов УКМ в продольном и поперечном направлениях представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 Коэффициенты температурного расширения армирующих углеволоконных композитных материалов (УКМ)

Направление	Коэффициент температурного расширения, К.л.т.р
Армирующий материал	Углеродное волокно
Продольное, α_L	$1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \dots 0,1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Поперечное, α_T	$22 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \dots 50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

К.л.т.р. бетона = $7 \times 10^{-6} \dots 11 \times 10^{-6}$ (считается изотропным).

К.л.т.р стали = $11,7 \times 10^{-6}$.

Таблица 7.5 Коэффициенты условий работы γ_f для различных углеволоконных композитных материалов (УКМ) [21]

Условия окружающей среды	Материал	Ламинаты	Ткани
Конструкции на открытом воздухе	Углерод	0,85	0,8
Агрессивная среда	Углерод	0,85	0,8

Значения коэффициента надежности для УКМ γ_f принимаются равными [21]:

- при расчете по предельным состояниям первой группы – 1,1;
- при расчете по предельным состояниям второй группы – 1,0.

При растяжении УКМ имеют линейную зависимость между напряжениями и деформациями вплоть до разрушения. Свойства УКМ в основном определяются типом, ориентацией и количеством армирующих волокон. Механические свойства всех систем УКМ независимо от их вида должны определяться по результатам испытаний образцов слоистого материала с оценкой объемного содержания волокон, которое должно составлять не менее 60%. Механические характеристики многослойных пластиков определяются путем испытания образцов с соответствующим количеством слоев ткани (ленты) в соответствии с ГОСТ 25.601-80 [22].

7.3 Расчеты

7.3.1 Расчет по прочности нормальных к продольной оси сечений по условию равновесия усилий

7.3.1.1 Предельные усилия в сечении, нормальном к продольной оси элемента, следует определять, исходя из следующих предпосылок:

- сопротивление бетона растяжению принимается равным нулю;

- сопротивление бетона сжатию в предельном состоянии представляется напряжениями, равномерно распределенными по высоте сжатой зоны и равными R_b ;
- растягивающие напряжения в стальной арматуре принимают не более расчетного сопротивления растяжению R_s , сжимающие напряжения – не более расчетного сопротивления сжатию R_{sc} ;
- растягивающие напряжения в арматуре из УKM принимают не более расчетного сопротивления растяжению R_{tu} ;
- внешняя арматура и бетон сохраняют полное сцепление и работают совместно до наступления предельного состояния;
- деформация сдвига в клеевом слое не учитывается.

7.3.1.2 В предельном состоянии изгибаемого элемента усилия в сжатой зоне воспринимаются бетоном и сжатой стержневой арматурой, а в растянутой – стержневой арматурой и внешней композитной арматурой.

7.3.1.3 В предельном состоянии сжимаемых с малым эксцентриситетом конструкций поперечное расширение воспринимается оболочкой из УKM.

7.3.1.4 Расчет внутренних усилий в конструкции определяется на основе гипотезы плоских сечений.

7.3.1.5 В тех случаях, когда схема нагружения железобетонных элементов приводит к изменению знака изгибающего момента, прочность внешней арматуры из УKM в сжатой зоне не учитывается.

7.3.1.6 При проектировании усиления конструкций следует учитывать, что несущая способность неусиленной конструкции должна быть достаточна для восприятия постоянной и ограниченной временной нагрузки в случае повреждения системы усиления вследствие различных причин.

7.3.1.7 Нормативные характеристики УKM (прочность на растяжение R_p , модуль упругости E_p , нормативная деформация растяжения ε_p) определяются механическими испытаниями образцов по ГОСТ 25.601-80 [22]. Расчетные характеристики УKM определяются на базе нормативных характеристик с учетом коэффициента надежности γ_f и коэффициента условия работы C_E (таблица. 8.5), учитывающего влияние окружающей среды.

Расчетная прочность на растяжение УKM с учётом коэффициентов надежности и условия работы C_E определяется по выражению:

$$R_{ft} = \frac{C_E}{\gamma_f} R_f, \quad (7.1)$$

а расчетная деформация растяжения :

$$\varepsilon_{ft} = \frac{C_E}{\gamma_f} \varepsilon_f. \quad (7.2)$$

Расчетные значения модуля упругости при растяжении E_{ft} принимаются равными их нормативным значениям:

$$E_{ft} = E_f = \frac{R_f}{\varepsilon_f}, \quad (7.3)$$

где:

C_E – коэффициент условия работы УKM;
 R_{ft} – расчетная прочность на растяжение УKM;
 R_f – нормативная прочность на растяжение УKM;
 γ_f – коэффициент надежности для УKM;
 ε_f – нормативная деформация растяжения УKM;
 ε_{ft} – расчетная деформация растяжения УKM;
 E_{ft} – расчетное значение модуля упругости УKM;
 E_f – модуль упругости УKM.

7.3.2 Расчет по предельным состояниям первой группы

7.3.2.1 Отслаивание УКМ может произойти, если деформация в нём не может быть воспринята основанием. Чтобы предотвратить отслаивание УКМ, нужно ограничить уровень его деформаций. Выражения (7.4 и 7.5) дают оценку коэффициента условия работы УКМ k_m , который зависит от жесткости элемента усиления УКМ:

при $nE_{ft}t_f \leq 180000$

$$k_m = \frac{1}{60\varepsilon_{ft}} \left(1 - \frac{nE_{ft}t_f}{360000} \right) \leq 0,9, \quad (7.4)$$

при $nE_{ft}t_f \geq 180000$

$$k_m = \frac{1}{60\varepsilon_{ft}} \left(1 - \frac{90000}{nE_{ft}t_f} \right) \leq 0,9, \quad (7.5)$$

где:

k_m – коэффициент условия работы УКМ в зависимости от жесткости УКМ;

n – количество слоев УКМ;

ε_{ft} – расчетная деформация растяжения УКМ

E_{ft} – расчетное значение модуля упругости УКМ;

t_f – расчетная толщина монослоя УКМ.

С помощью коэффициента k_m из выражений (7.4 и 7.5) в расчетах ограничивается достижение предельной деформации разрыва УКМ, что обеспечивает отсутствие отслоения УКМ при расчетных нагрузках. С увеличением жесткости УКМ возрастает вероятность отслоения и, соответственно, требования к ограничению деформаций становятся более строгими. Поэтому коэффициентом k_m по сути ограничивается предельное допускаемое усилие, возникающее в элементах УКМ.

7.3.2.2 Расчет сечений, нормальных к продольной оси элемента, когда внешняя сила действует в плоскости оси симметрии сечения и арматура сосредоточена у перпендикулярных указанной плоскости граней элемента, должен проводиться в зависимости от значения относитель-

ной высоты сжатой зоны $\xi = \frac{x}{h_0}$ определяемой из соответствующих условий равновесия. Значение

ξ при расчете конструкций, как правило, не должно превышать относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_y , при которой предельное состояние бетона сжатой зоны наступает не ранее достижения в растянутой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению R_s или R_p с учетом соответствующих коэффициентов условий работы для арматуры.

Значение ξ_y определяется по формуле

$$\xi_y = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}, \quad (7.6)$$

где: $\omega = 0,85 - 0,008R_b$ – для элементов с обычным армированием;

$\omega = 0,85 - 0,008R_b + \delta \leq 0,9$ – для элементов с косвенным армированием;

при этом расчетное сопротивление бетона R_b следует принимать в МПа, а значение δ – равным 10μ , но не более 0,15 (где μ – коэффициент армирования, принимаемый согласно п.3.72* СНиП 2.05.03-84*);

напряжения в арматуре σ_1 , МПа, следует принимать равными:

- R_s для ненапрягаемой арматуры;
- $R_p + 500 - \sigma_p$ для напрягаемой арматуры; расчетное сопротивление напрягаемой арматуры растяжению R_p следует принимать с учетом соответствующих коэффициентов условий работы арматуры, а величину предварительного напряжения в арматуре σ_p – с учетом первых и вторых

потерь по обязательному приложению 11* СНиП 2.05.03-84*. При наличии напрягаемой и ненапрягаемой арматуры напряжение принимается по напрягаемой арматуре.

Напряжение σ_2 является предельным напряжением в арматуре сжатой зоны и должно приниматься равным 500 МПа.

Если при расчете по прочности окажется необходимым и обоснованным сохранение получен-

ного по расчету значения $\xi = \frac{x}{h_0}$ по величине большего граничного значения ξ_y согласно п. 3.61*

СНиП 2.03.01-84*, то рекомендуется руководствоваться указаниями СНиП 2.03.01-84*.

Указаниями СНиП 2.03.01-84* рекомендуется руководствоваться при расчетах: железобетонных элементов на косое внецентренное сжатие и косой изгиб и элементов, работающих на изгиб с кручением и на внецентренное сжатие с кручением.

Во всех перечисленных расчетах следует для бетона и арматуры принимать расчетные сопротивления, установленные в СНиП 2.03.01-84*.

7.3.2.3 Расчет нормальных сечений изгибаемых элементов

Расчет элементов прямоугольного, таврового и двутаврового сечений следует проводить на основе условий равновесия усилий в предельном состоянии.

7.3.2.4 Подбор площади сечения внешней композитной арматуры проводится итерационно, задавая некоторую начальную её величину, а затем корректируя её по результатам расчетов по прочности на действие изгибающих моментов.

7.3.2.5 Усилия во внешней арматуре УКМ определяются по величине напряжений σ_p , которые могут быть равными расчетной прочности на растяжение, или быть ниже её.

7.3.2.6 Расчет прямоугольных сечений (рисунок 7.2)

Расчет проводится итерационно. На первом этапе высоту сжатой зоны «х» без учета армирования УКМ следует определять по формуле:

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x \quad (7.7)$$

$$x = \frac{R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p}{R_b b}$$

Далее определяем площадь углеволоконных холстов из условия:

$$M \leq R_p A_p (h_0 - 0,5x) + R_s A_s (h_{01} - a_s) + R_{fp} A_f$$

При этом количество слоев ткани из углеродного волокна определяем по формуле:

$$R_p A_p + R_s A_s + R_{fp} A_f - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x, \quad (7.8)$$

$$n = \frac{R_b b x - R_p A_p - R_s A_s + R_{sc} A'_s + \sigma_{pc} A'_p}{R_{fp} a_f}, \quad (7.9)$$

где:

R_s – расчетное сопротивление ненапрягаемой арматуры растяжению;

R_p – расчетное сопротивление напрягаемой арматуры растяжению;

R_{fp} – расчетное сопротивление ткани из углеродного волокна растяжению;

R_{sc} – расчетное сопротивление ненапрягаемой арматуры сжатию;

R_{fp} – расчетное сопротивление напрягаемой арматуры, расположенной в сжатой зоне.

R_b – расчетное сопротивление бетона осевому сжатию;

σ_f – вводимое в расчет остаточное напряжение в напрягаемой арматуре, расположенной в сжатой зоне $\sigma_F = R_p - \sigma_{p1}$;

σ_{pt} – расчетное напряжение (за вычетом всех потерь) в напрягаемой арматуре, расположенной в сжатой зоне;

A'_b – площадь сечения сжатой зоны бетона;

A_s, A'_s – площадь сечения ненапрягаемой растянутой и сжатой продольной арматуры;

A_y – площадь сечения ткани из углеродного волокна;

$A_f = n \cdot a_f$

n – количество слоев ткани из углеродного волокна;

a_f – площадь сечения одного слоя ткани из углеродного волокна;

A_p, A'_p – площадь сечения напрягаемой растянутой и сжатой продольной арматуры;

μ – коэффициент армирования, определяемый как отношение площади сечения растянутой продольной арматуры к площади поперечного сечения без учета сжатых и растянутых свесов поясов;

b – ширина прямоугольного сечения;

h – высота сечения;

h'_f – приведенная (включая вуты) высота сжатого пояса таврового, двутаврового или коробчатого сечений;

h_0 – рабочая высота сечения;

x – высота сжатой зоны бетона;

a_s, a_p – расстояние от центра тяжести растянутой соответственно ненапрягаемой и напрягаемой продольной арматуры до ближайшей грани сечения;

a'_s, a'_p – то же, для сжатой арматуры.

После подбора площади холстов из углеродного волокна высота сжатой зоны h_0 уточняется на основе формулы 7.8, а площадь A_f корректируется по формуле 7.9

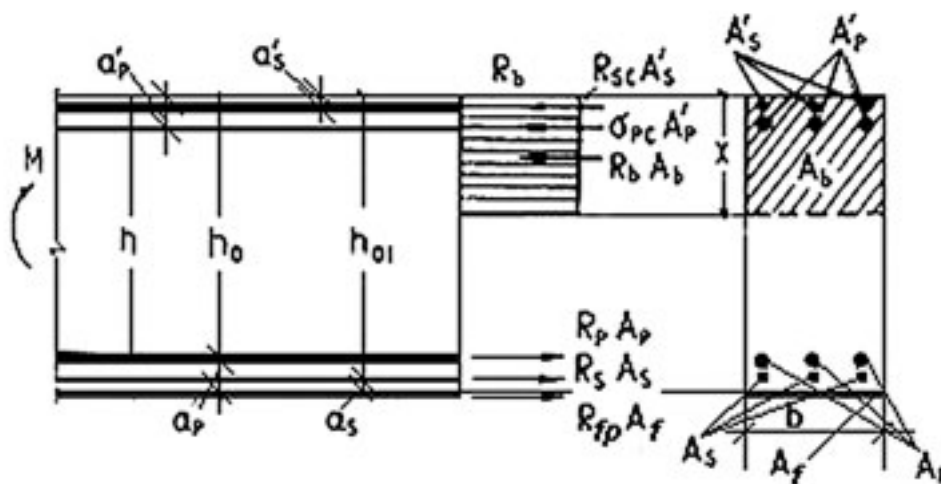


Рисунок 7.2 – . Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого железобетонного элемента, при расчете его по прочности.

Здесь и в других формулах допускается высоту h_0 принимать от равнодействующих усилий в арматуре A_p и A_s . При отсутствии напрягаемой арматуры $h_0 = h_{01}$.

7.3.2.7 Расчет тавровых, двутавровых и коробчатых сечений с плитой в сжатой зоне при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_y$ следует производить в зависимости от положения границы сжатой зоны:

а) если граница сжатой зоны проходит в плите (рисунок 7.3.а), т.е. соблюдается условие

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_b b'_f x + R_{sc} A'_s + \sigma_{pc} A'_p, \quad (7.10)$$

расчет производится как для прямоугольного сечения шириной b'_f в соответствии с п. 7.3.2.6;

б) если граница сжатой зоны проходит в ребре (рисунок 7.3.б), т.е. условие (7.10) не соблюдается, расчет без учета дополнительного армирования должен выполняться из условия

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_{01} - a'_s) + \sigma_{pc} A'_p (h_0 - a'_p) \quad (7.11)$$

При этом высоту сжатой зоны бетона x в первом приближении следует определять по формуле:

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f. \quad (7.12)$$

Далее проводим расчет из условия:

$$M \leq R_p A_p (h_0 - 0,5x) + R_p (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_s A_s (h_{01} - a_s) + R_{fp} A_f,$$

При этом количество слоев ткани из углеродного волокна в растянутой зоне определяем по формуле:

$$R_p A_p + R_s A_s + R_{fp} A_f - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f \quad (7.13)$$

$$n = \frac{R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f - R_p A_p - R_s A_s + R_{sc} A'_s + \sigma_{pc} A'_p}{R_{fp} a_f} \quad (7.14)$$

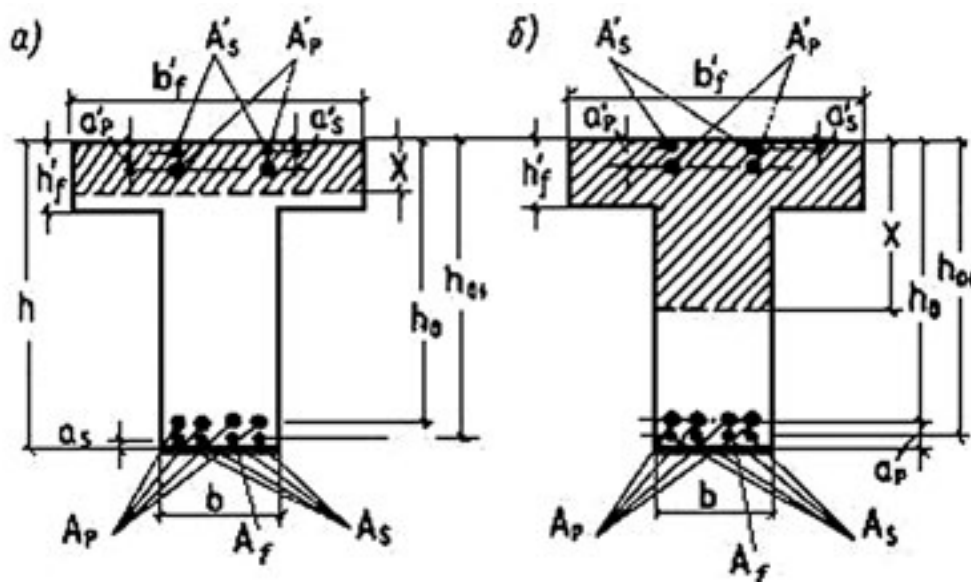


Рисунок 7.3 Форма сжатой зоны в сечениях железобетонных элементов с плитой в сжатой зоне
а – при расположении границы сжатой зоны в плите;
б – то же, в ребре.

7.3.2.8 Расчет прочности сечений, наклонных к продольной оси изгибаемого элемента

Системы УКМ также могут быть использованы для усиления наклонных к продольной оси сечений. Усиление достигается наклеиванием УКМ в поперечном направлении к оси элемента или перпендикулярно потенциальным трещинам в опорном сечении.

Прочность наклонных сечений элемента, усиленного системой УКМ, должна удовлетворять условию

$$Q_{ult} = Q_b + Q_{sw} + \psi_f Q_f \quad (7.15)$$

Q_{ult} – поперечная сила, воспринимаемая наклонным сечением с длиной проекции S ;

Q_b – поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

Q_{sw} – поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении;

Q_f – поперечная сила, воспринимаемая хомутами из УКМ в наклонном сечении;

ψ_f – коэффициент надежности, зависящий от схемы наклейки УКМ при усилении наклонных сечений

Для трехсторонних U-образных хомутов или приклеенных к наружной поверхности ребра слоев $\psi_f = 0,85$

Рисунок 7.4 иллюстрирует параметры, которые используются для вычисления прочности наклонных сечений с учетом УКМ. Вклад системы УКМ в увеличение прочности на сдвиг элемента основан на работе соответствующего направления фибры по отношению к предполагаемой траектории трещины.

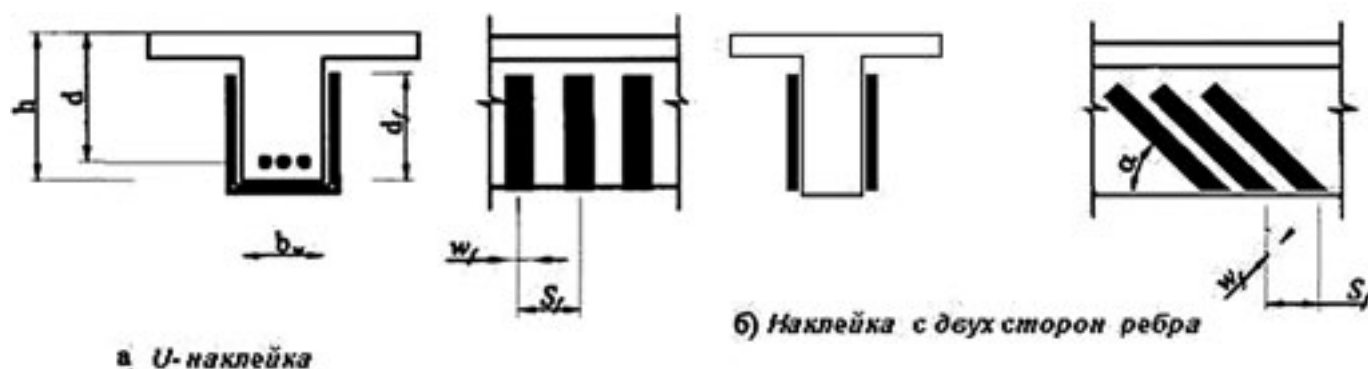


Рисунок 7.4 Размещение хомутов из УКМ для усиления наклонных сечений

После подбора сечения холстов усиления необходима проверка обеспечения несущей способности сечений:

- наклонных к продольной оси элемента на действие поперечной силы по наклонной полосе между наклонными трещинами;
- на действие поперечной силы по наклонной трещине;
- на действие изгибающего момента по наклонной трещине.

Расчет изгибаемых железобетонных элементов по бетонной полосе между наклонными сечениями производят по формуле [СП 52-101-2003]:

$$Q \leq \varphi_{bt} R_b b h_0 \quad (7.16)$$

где:

Q – поперечная сила в нормальном сечении элемента;

φ_{bt} – коэффициент, принимаемый равным 0,3.

Расчет железобетонных элементов по наклонным сечениям на действие поперечных сил осуществляется по СП 52-101-2003 [27] с учетом следующих дополнений.

Общее условие прочности:

$$Q \leq Q_{ult} \quad (7.17)$$

где Q – поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции s на продольную ось элемента, определяемая от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого

наклонного сечения; при этом учитывают наиболее опасное загрузеиие в пределах наклонного сечения;

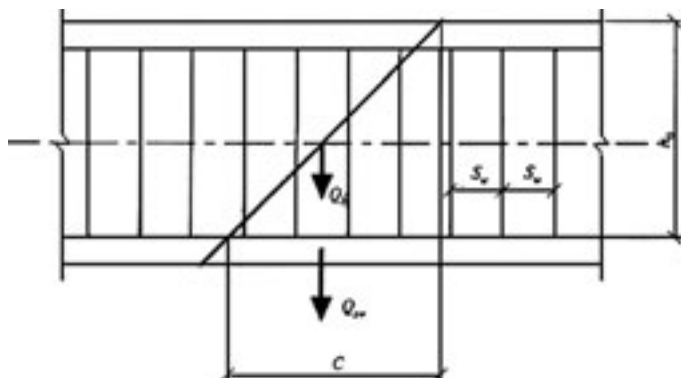


Рисунок 7.5 Схема усилий при расчете железобетонных элементов по наклонному сечению на действие поперечных сил

Q_b – поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении;

Q_{sw} – поперечная сила, воспринимаемая поперечной арматурой в наклонном сечении.

Поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении Q_b , определяется по СП 52-101-2003 [27]:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{c} \quad (7.18)$$

$$0,5R_{bt} \cdot b \cdot h_0 < Q_b < 2,5R_{bt} \cdot b \cdot h_0 \quad (7.19)$$

φ_{b2} – коэффициент, принимаемый равным 1,5.

Усилие Q_{sw} , воспринимаемое поперечной стальной арматурой, нормальной к продольной оси элемента определяется [6.68 СП 52-101-2003] на основе зависимости:

$$Q_{sw} = 0,75q_{sw}c, \quad (7.20)$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{S_w}; \quad c \leq 2h_0$$

где

q_{sw} – усилие в поперечной арматуре на единицу длины элемента

Усилие Q_f воспринимаемое хомутами из УКМ, определяется из выражения:

$$Q_f = \frac{A_{f,sh} \cdot \sigma_{fu} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_f}{s_f}, \quad (7.21)$$

где

$$A_{f,sh} = 2nt_f w_f \quad (7.22)$$

Растягивающие напряжения в арматуре УКМ в предельном состоянии прямо пропорциональны достигнутому уровню деформации:

$$\sigma_{fu} = \varepsilon_{fe} E_f \quad (7.23)$$

В зависимости от схемы наклейки поперечных хомутов вводятся ограничения на величину деформаций УКМ.

Для системы УКМ, не охватывающей все сечение (двух и трехсторонние хомуты) расчетная деформация вычисляется с использованием коэффициента запаса по сцеплению k_v :

$$\varepsilon_{fe} = k_v \cdot \varepsilon_{ft} \leq 0,004 \quad (7.24)$$

Коэффициент запаса по сцеплению является функцией от прочности бетона, типа схемы наклейки и жесткости УКМ. Этот коэффициент можно вычислить с помощью выражений (7.25)-(7.28):

$$k_v = \frac{k_1 k_2 L_f}{11,900 \varepsilon_{ft}} \leq 0,75 \quad (7.25)$$

Параметр L_f определяется из выражения (7.26):

$$L_f = \frac{23,300}{(n t_f E_f)^{0,58}} \quad (7.26)$$

Коэффициенты k_1 и k_2 , учитывающие прочность бетона и тип схемы наклейки, определяются из выражений:

$$k_1 = \left(\frac{R'_b}{27} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7.27)$$

для U-образных хомутов
$$k_2 = \frac{d_f - L_f}{d_f} \quad (7.28)$$

для двухсторонних
$$k_2 = \frac{d_f - 2L_f}{d_f} \quad (7.28)$$

Расчет железобетонных элементов по наклонным сечениям на действие моментов проводят из условия:

$$M \leq M_s + M_{sw} + M_f \quad (7.29)$$

где: M_s и M_{sw} определяются на основе формул:

$$M_s = N_s z_s, \quad (7.30)$$

$$M_{sw} = 0,5 Q_{sw} c, \quad (7.31)$$

$$M_f = 0,5 Q_f c. \quad (7.32)$$

где M – момент в наклонном сечении с длиной проекции c на продольную ось элемента, определяемый от всех внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого наклонного сечения, относительно конца наклонного сечения (точка O), противоположного концу, у которого располагается проверяемая продольная арматура, испытывающая растяжение от момента в наклонном сечении; при этом учитывают наиболее опасное загрузку в пределах наклонного сечения;

M_s – момент, воспринимаемый продольной арматурой, пересекающей наклонное сечение, относительно противоположного конца наклонного сечения (точка O);

M_{sw} – момент, воспринимаемый поперечной арматурой, пересекающей наклонное сечение, относительно противоположного конца наклонного сечения (точка O).

M_f – момент, воспринимаемый углеволоконными холстами, пересекающими наклонное сечение, относительно противоположного конца наклонного сечения.

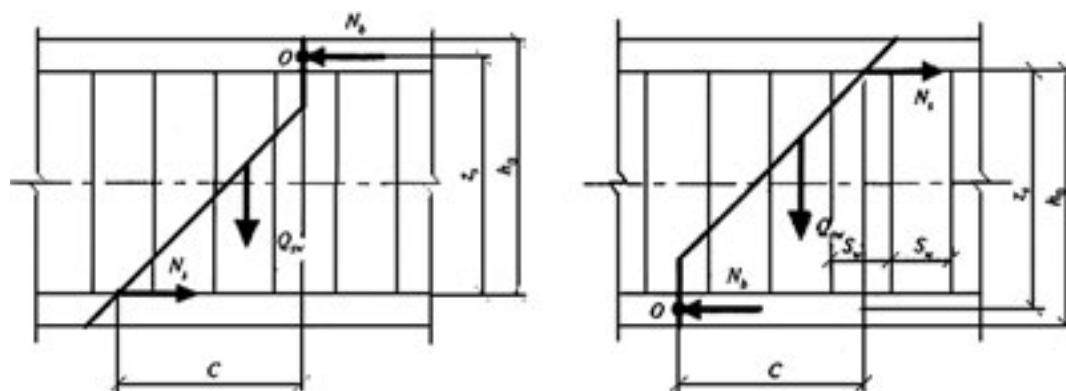


Рисунок 7.6 Схема усилий при расчете железобетонных элементов по наклонному сечению на действие моментов

Момент M_s определяют по формуле

$$M_s = N_s \cdot z_s \quad (7.33)$$

где N_s – усилие в продольной растянутой арматуре, принимаемое равным: $R_s A_s$.
 z_s – плечо внутренней пары сил; допускается принимать $z_s = 0,9 h_0$.

Момент M_{sw} для поперечной арматуры, нормальной к продольной оси элемента, определяют по формуле

$$M_{sw} = 0,5 \cdot Q_{sw} \cdot c \quad (7.34)$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{S_w} \quad (7.35)$$

где Q_{sw} – усилие в поперечной арматуре, принимаемое равным $q_{sw} c$;
 q_{sw} – определяют по формуле (7.35), а c принимают в пределах от $1,0 h_0$ до $2,0 h_0$.

В связи с расположением хомутов УКМ в зоне анкеровки УКМ продольного направления, усилия в последнем в расчетах не учитываются.

7.3.2.9 Расчет сжатых и внецентренно сжатых элементов

Композитные материалы с углеродными волокнами, могут применяться на внешних поверхностях для восстановления утерянной несущей способности опор в случае потери части сечения арматуры вследствие ее коррозии или для повышения несущей способности в случае увеличения действующих нагрузок.

Повышение несущей способности на действие продольной силы может быть обеспечено наклеивкой композита в поперечном направлении.

Расчет усиления опор круглого сечения ведется по формулам раздела 3 СНиП 2.05.03-84*

При этом расчетное сопротивление бетона опоры круглого сечения, усиленного обоймой из углеволоконного материала, можно вычислить по формуле:

$$R_{bf} = R_b \left(2,25 \sqrt{1 + 7,9 \frac{\sigma_f}{R_b}} - 2 \frac{\sigma_f}{R_b} - 1,25 \right), \quad (7.36)$$

где R_b – расчетное сопротивление бетона на сжатие, МПа (из СНиП 2.05-03-84*);
 σ_f – расчетное напряжение в обойме из углеволокна

Максимальные расчетные напряжения в обойме из углеволокна круглого сечения определяются выражением (7.37):

$$\sigma_f = \frac{\rho_f \sigma_{fu}}{2} = \frac{\rho_f \varepsilon_{fe} E_f}{2} \quad (7.37) \text{ (ACI 440.2R-02:11-3)}$$

Так как элемент испытывает деформации сжатия и сдвига, расчетная деформация в обойме УКМ должна быть ограничена в соответствии с (7.38):

$$\varepsilon_{fe} = 0,004 \leq 0,75\varepsilon_{ft}, \quad (7.38)$$

где

ε_{fe} – расчетная деформация растяжения обоймы из углеволокна;

ε_{ft} – расчетная деформация растяжения УКМ;

Обойма УКМ наиболее эффективна для круглых поперечных сечений. Ограничивающее давление, обеспечиваемое обоймой УКМ, наклеенной по окружности радиусом ρ можно вычислить, используя выражение (7.39):

$$\rho_f = \frac{4nt_f}{D}, \quad (7.39)$$

где

D – диаметр опоры;

n – количество слоев;

t_f – толщина слоя.

Обойма УКМ в квадратных и прямоугольных элементах также может обеспечить увеличение прочности на сжатие элемента, но ее применение требует дополнительных испытаний и обоснования.

8. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

8.1 Система усиления УKM включает в себя:

- грунтовки бетонных поверхностей;
- шпаклевочные составы;
- адгезивы;
- одно или двуправленные ткани или ламинаты.

В отдельных случаях могут также использоваться защитные и противопожарные покрытия.

Грунтовки наносят на всю оклеиваемую поверхность для пропитки бетонного основания и обеспечения необходимого сцепления адгезива и пропитывающего ткань состава с бетонной поверхностью.

Шпаклевочные составы применяют для заполнения каверн и выравнивания поверхности.

Адгезивы – составы для пропитки и наклейки тканей и ламинатов на поверхность конструкции.

Как правило, для системы УKM применяются эпоксидные, полиэфирные или винил-эфирные смолы (наиболее универсальными являются эпоксидные смолы).

Эти смолы должны обеспечивать достаточное сцепление (адгезию) с бетоном и с используемыми для усиления тканями или ламинатами.

Они должны быть долговечными, в т.ч. стойкими к воздействию влажности, экстремальных температур, различных агрессивных сред, соленой воды.

Смолы должны хорошо пропитывать используемые ткани.

8.2 Принципиальные схемы усиления основных типов конструкций

8.2.1 Усиление сжатых и внецентренно сжатых конструкций (опоры) осуществляется путем устройства вокруг сечения элементов бандажей с направлением волокон перпендикулярно продольной оси усиливаемой конструкции.

8.2.2 Усиление изгибаемых балочных конструкций осуществляется наклейкой УKM на нижнюю поверхность ребра с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции и вертикальных, либо наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси (Рисунок. 8.1).

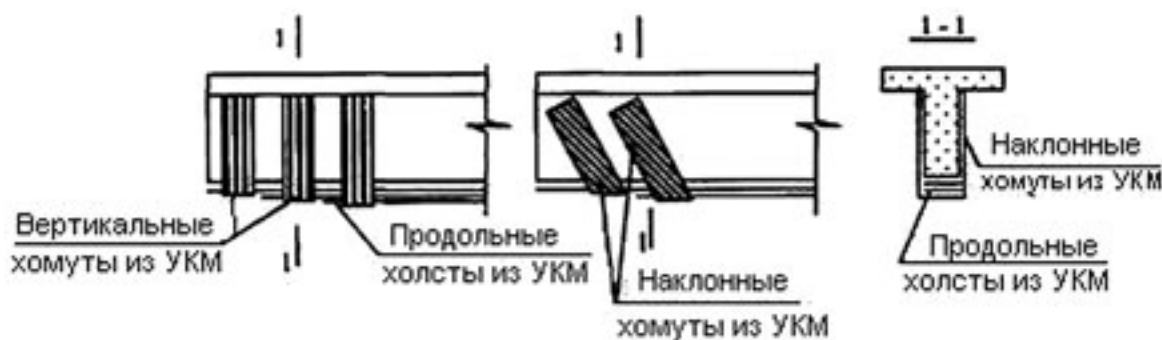


Рис. 8.1. Принципиальная схема усиления балки

8.2.3 Усиление плитных пролетных строений осуществляется наклейкой на нижнюю поверхность главных балок холстов из УKM с направлением волокон вдоль оси конструкции (Рисунок 8.2).

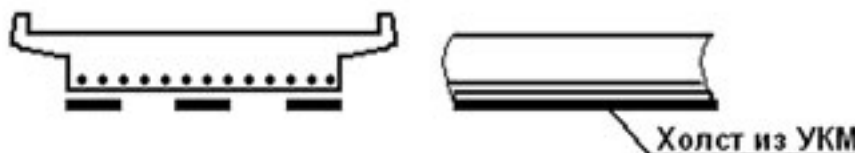


Рисунок 8.2. Размещение холстов на плитных пролетных строениях

8.3 Конструктивные особенности выполнения усиливающих накладок

Конструкция усиливающих холстов назначается на основании расчетов.

Максимальное количество слоев в накладке ограничивается расчетной силой сцепления с поверхностью основания.

Углеродная лента (ламинат) по длине наклейки должна выходить за пределы усиленной зоны не менее, чем на 100 мм (зона анкеровки) при прочности бетона основания на сжатие более 25 МПа, и на 150-200 мм при прочности бетона менее 25 МПа.

При многослойной конструкции элемента усиления каждый последующий слой должен быть короче предыдущего на длину анкеровки. Такое решение позволяет снизить концентрацию нормальных и касательных напряжений в концевых зонах.

Для неразрезных балок с однослойным усилением накладка должна быть продлена не менее, чем на 150 мм за точку нулевого момента от расчетных нагрузок. В случае многослойного усиления каждый последующий слой должен быть короче предыдущего на 150 мм.

При работе изгибаемых элементов, усиленных композитными материалами, так же как и в традиционно армированных железобетонных элементах, возможно образование трещин. В зоне трещин и композитного усиления возникает сложное напряженное состояние, характеризующееся высокой концентрацией напряжений сдвига по контакту «бетон-композит». При дальнейшем развитии трещин с увеличением нагрузки в этой зоне возможно частичное отслоение композитного усиления. Для ограничения длины распространения отслоения, а также для увеличения анкеровки элементов усиления в концевых зонах целесообразно наряду с продольным армированием устраивать конструктивное поперечное армирование в виде хомутов из лент. Расстояние между хомутами не должно превышать 2-2,5 м. Устройство этих хомутов уменьшает условный пролет композитного усиления вдоль элемента, что одновременно способствует увеличению жесткости усиленной конструкции. При производстве работ по усилению с устройством хомутов следует чередовать наклейку продольных слоев и хомутов таким образом, чтобы каждый последующий продольный слой был перехвачен соответствующим хомутом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 3.06.07-86 Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1995 год.
2. Технические условия на проведение планово-предупредительных ремонтов инженерных сооружений железных дорог России. МПС РФ. ЦП – 622. М., Транспорт. 1999 г.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» (утв. МПС РФ 26.05.2000 N ЦРБ-756) (ред. от 03.07.2001, с изм. от 09.03.2004).
4. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации (утв. МПС РФ 16.10.2000 N ЦД-790).
5. Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ МПС РФ 2000г.
6. Инструкцией по содержанию искусственных сооружений (Приказ МПС России от 28.12.1998 N ЦП-628).
7. Правила по охране труда при содержании и ремонте железнодорожного пути и сооружений. ПОТ РО-32-ЦП-652-99.
8. Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве работ по реконструкции и капитальному ремонту инженерных сооружений. МПС СССР ГУП и КС Новосибирск 1990 г.
9. Инструкции по сигнализации на железных дорогах МПС РФ, Центр внедрения новой техники и технологий «Транспорт» МПС России, 2000 г.
10. Пособие П 1-98 к СНиП 2.03.01-84* Усиление железобетонных конструкций. Минск 1998
11. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001 г.
12. СНиП 12-04-2002. «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство» М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2002 год, «Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти», N 48, 02.12.2002
13. СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы. Минстрой России – М: АПП ЦИТП, 1992 год
14. ГОСТ 10180-90 – Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Госстрой СССР – М: ЦИТП, 1990 год
15. ГОСТ 17624-87 – Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. Госстрой СССР – М.: ЦИТП, 1989 год
16. ГОСТ 22690-88 – Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 год
17. СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы» Минстрой России – М.: ГП ЦПП, 1996 г.
18. ВСН 4-81 Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. ЦРБ/162, М 1999 г.
19. Инструкция по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах Российской Федерации / МПС РФ .М. 2003г.
20. Положение по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах союза ССР» МПС СССР «Транспорт» 1991 г
21. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами разработано ООО «Интераква» (инж. Чернявский В.Л., д.т.н. Хаятин Ю.Г., к.т.н. Аксельрод Е.З.) и НИИЖБ (д.т.н., проф. Клевцов В.А., инж. Фаткуллин Н.В.).

22. ГОСТ 25.601-80 – Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах. Механические испытания. Расчет и испытания на прочность: Сб. стандартов. – М.: Стандартиформ, 2005 г.

23. ГОСТ 28570-90 СТ СЭВ 3978-83) Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций. М.: Издательство стандартов, 1990 год

24. ГОСТ 8269.1-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа. МНТКС – М.: ГУП ЦПП, 1998 г.

25. ГОСТ 22904-93 – Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. М.: Издательство стандартов, 1994 год

26. Технологические правила ремонта каменных, бетонных и железобетонных конструкций железнодорожных мостов. ОАО «Российские железные дороги». М. 2005.

27. СП 52-101-2003 – Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП, 2004 год.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Ремонтные материалы для подготовки основания в системе MapeWrap

№ п/п	Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
Материалы для конструкционного ремонта бетона и железобетона			
1	Mapegrout Thixotropic	Тиксотропный состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 3 мм.	Ремонт бетонных и железобетонных конструкций без устройства опалубки. Ремонт вертикальных и потолочных бетонных поверхностей, углов колонн и балок, разрушенных в результате коррозии арматуры. Ремонт поверхностей тоннелей, каналов. Ремонт неровностей поверхности, включая поверхности с открытыми зёрнами заполнителя. Ремонт швов между старым и свежееуложенным бетоном, отверстий от распорок опалубки, выступающих стержней арматуры и т.д. Заполнение жёстких швов. Толщина слоя 10-35 мм.
2	Mapegrout T40	Тиксотропный состав с компенсированной усадкой средней прочности (40 МПа), армированный полимерной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 3мм.	Ремонт поврежденных бетонных поверхностей, углов конструкций. Ремонт защитного слоя бетона. Ремонт неровностей поверхностей, включая поверхности с открытыми зёрнами заполнителя. Ремонт швов между старым и свежееуложенным бетоном. Заполнение жестких швов. Толщина слоя до 10-35 мм.
3	Mapegrout Hi-Flow	Высокоподвижный (литой) состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 3 мм.	Ремонт опор мостов, балок, мостовых плит с установкой опалубки. Омоноличивание стыков сборных железобетонных конструкций. Заполнение жестких швов. Толщина слоя от 10 до 40 мм.
4	Mapegrout Hi-Flow 10	Высокоподвижный (литой) состав с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 10 мм.	Ремонт опор мостов, балок, мостовых плит, с установкой опалубки. Омоноличивание стыков сборных железобетонных конструкций. Заполнение жёстких швов. Толщина слоя от 40 до 100 мм.
5	Mapegrout Fast-Set	Тиксотропный, быстросхватывающийся состав с компенсированной усадкой армированный полимерной фиброй. Время схватывания менее 30 мин. Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Ремонт защитного слоя бетона. Реставрация поврежденных поверхностей бетона, углов колонн и балок, кромок балконов разрушенных от коррозии арматуры. Заделка поверхностных трещин, в том числе вертикальных. Толщина нанесения от 10 до 25 мм.
6	Mapegrout MF	Тиксотропный состав с компенсированной усадкой армированный полимерной и эластичной металлической фиброй. Максимальная крупность заполнителя 3мм.	Ремонт бетонных и железобетонных конструкций, работающего в условиях динамических нагрузок. Толщина слоя от 20 до 60 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Ремонтные материалы для подготовки основания в системе MapeWrap

№ п/п	Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
7	Mapegrout SF	Высокотекучий, быстротвердеющий (литой) состав с компенсируемой усадкой армированный полимерной и стальной латунизированной фиброй. Максимальная крупность заполнителя 3мм.	Ремонт бетонных и железобетонных конструкций, подверженных ударным и динамическим нагрузкам. При ремонте сейсмостойких элементов бетонных и железобетонных конструкций. Толщина нанесения от 20 до 60 мм.
8	Mapegrout SV	Высокотекучий, быстросхватывающийся и быстротвердеющий раствор с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Жизнеспособность раствора 20 минут при +20°C. Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Быстрый ремонт бетонных и железобетонных конструкций, дорожных покрытий, покрытий, подверженных пешеходным нагрузкам. Применяется для монтажа защитных барьеров, ограждений, бетонных столбов, смотровых колодцев. Толщина слоя от 10 до 50 мм.
9	Mapegrout SV T	Быстросхватывающийся и быстротвердеющий тиксотропный раствор с компенсированной усадкой, армированный полимерной фиброй. Жизнеспособность раствора 15 минут при +20°C. Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Быстрый ремонт бетонных и железобетонных конструкций, дорожных покрытий, въездов, каналов. Применяется для монтажа защитных барьеров, ограждений, бетонных столбов, смотровых колодцев. Толщина слоя от 10 до 50 мм.
10	Mapegrout SV Fiber	Высокотекучий, быстросхватывающийся и быстротвердеющий раствор с компенсированной усадкой, армированный полимерной и металлической фиброй. Жизнеспособность раствора 20 минут при +20°C. Применяется до -5°C. Максимальная крупность заполнителя 2,5 мм.	Быстрый ремонт бетонных дорожных и аэродромных покрытий, полов в складских помещениях. Обладает быстрым набором прочности, обеспечивает высокую устойчивость к истиранию. Применяется при монтаже ограждений. Толщина слоя от 20 до 50 мм.

Материалы для структурного склеивания конструкций поврежденных трещинами

11	Epojet	Супертекучая эпоксидная смола низкой вязкости для инъекций под низким давлением.	Ремонт бетонных конструкций, имеющих трещины или разрывы, вызванные тяжёлыми нагрузками, случайными ударами или землетрясением. Восстановление монолитности несущих конструкций с помощью инъекций низкого давления.
12	Adesilex PG1	Двухкомпонентный эпоксидный тиксотропный клей.	Склеивание бетонных и железобетонных конструкций. Ремонт трещин.
13	Adesilex PG2	Двухкомпонентный эпоксидный тиксотропный клей.	Склеивание бетонных и железобетонных конструкций. Ремонт трещин.

Материалы для структурного склеивания и гидроизоляции трещин с протечками воды

14	Foamjet T	Двухкомпонентная полиуретановая смола повышенной вязкости со сверхбыстрым временем схватывания.	Инъекции в целях консолидации и гидроизоляции конструкций подверженным сильным протечкам воды под высоким давлением.
15	Foamjet F	Двухкомпонентная низковязкая полиуретановая смола с быстрым схватыванием.	Инъекции с целью консолидации и гидроизоляции конструкций подверженных слабым протечкам воды.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Ремонтные материалы для подготовки основания в системе MapеWrap

№ п/п	Наименование материала	Характеристика материала	Область применения
Материалы для защиты и гидроизоляции бетонных и железобетонных конструкций			
16	Elastocolor	Защитно-декоративная водно-дисперсионная краска на основе акриловых смол.	Для защиты бетона и цементных поверхностей от воздействия атмосферных явлений.
17	Colorite Beton	Акриловая полупрозрачная вододисперсионная краска.	Защита наружных поверхностей бетонных и железобетонных конструкций от атмосферного воздействия.
Материалы для антикоррозийной защиты арматуры			
18	Mapelastic	Двухкомпонентный эластичный состав на цементной основе.	Гидроизоляция и антикоррозийная защита железобетонных конструкций. Толщина нанесения 2 мм.
19	Mapelastic Smart	Двухкомпонентный эластичный состав на цементной основе.	Гидроизоляция бетона для создания высокоэластичного водонепроницаемого защитного слоя. Толщина нанесения 2 мм.
Материалы для антикоррозионной защиты арматуры			
20	Mapеfer	Двухкомпонентный состав в водной дисперсии, включающий в себя цементное вяжущее и ингибиторы коррозии.	Защита арматуры от коррозии. Толщина нанесения в два слоя 1,5–2,0 мм.
21	Mapеfer 1K	Однокомпонентный состав, основанный на порошковых полимерах, цементном вяжущем и ингибиторах коррозии.	Защита арматуры от коррозии Толщина нанесения в два слоя 2,0 мм.