

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР КОМПОЗИТОВ»**

**АЛЬБОМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО
УСИЛЕНИЮ СТАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМОЙ ВНЕШНЕГО
АРМИРОВАНИЯ**

Москва 2017

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной
ответственностью
«Нанотехнологический центр
композитов» (ООО «НЦК»)

2 ВНЕСЕН Обществом с ограниченной ответственностью
«Нанотехнологический центр композитов» (ООО «НЦК»)

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН в действие Приказом Генерального директора
ООО «НЦК» от «12» января 2017 г. №4/1

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ООО «НЦК», 2017

*Все права защищены. Настоящий альбом технических решений не может быть
полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в любом виде
без письменного разрешения ООО «НЦК»*

Введение

Настоящий альбом усиления стальных конструкций системой внешнего армирования на основе композитных материалов CarbonWrap® разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральных законах от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и содержит технические решения по усилению или восстановлению полимерными композитами стальных конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений различного назначения.

Авторский коллектив: *канд. техн. наук О.А. Симаков, канд. техн. наук П.В. Осипов (ООО «НЦК»), инж. Никитин М.В. (ООО «КомпозитСпецСтрой»).*

Содержание

1 Область применения	5
2 Термины и определения.....	5
3 Общие положения по усилению (восстановлению) строительных конструкций	7
4 Технические решения	11
5 Конструктивные требования	25

1 Область применения

Технические решения настоящего альбома по усилению системой внешнего армирования на основе полимерных композитов CarbonWrap® распространяются на стальные конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений различного функционального назначения и расположенных во всех климатических поясах.

Технические решения разработаны в соответствии с требованиями СТО [2].

Технические решения, где применение композитных материалов нецелесообразно, в настоящем альбоме по усилению стальных конструкций не рассмотрены.

2 Термины и определения

В настоящем альбоме технических решений применены понятия в соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ от 30.12.2009, ГОСТ 31937, термины по СП 164.1325800.2014, а также следующие термины с соответствующими определениями:

2.1. усиление металлической (стальной) конструкции: комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на повышение несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкции при увеличении действующих на нее нагрузок.

усиление: комплекс мероприятий, обеспечивающих повышение несущей способности и эксплуатационных свойств строительной конструкции или здания и сооружения в целом, по сравнению с фактическим состоянием или проектными показателями.

2.2. восстановление (ремонт) металлической (стальной) конструкции: комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на восстановление несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции, нарушенных вследствие дефектов изготовления или в процессе ее длительной эксплуатации.

восстановление: комплекс мероприятий, обеспечивающих доведение эксплуатационных качеств конструкций, пришедших в ограниченно работоспособное состояние, до уровня их первоначального состояния, определяемого соответствующими требованиями нормативных документов на момент проектирования объекта.

2.3. внешнее армирование металлической (стальной) конструкции композитными материалами: установка наклеиванием на поверхность металлической (стальной) конструкции изделий заводского изготовления из композитных материалов (ламинатов) или послойное наклеивание термореактивными адгезивами изделий из непрерывного углеродного волокна (лент, тканей, сеток и других тканых и нетканых материалов) с последующим отверждением и образованием однослойного или многослойного полимерного композитного материала.

2.4. система внешнего армирования из полимерных композитов: система, состоящая из клеевого слоя, образованного отвержденным термореактивным адгезивом, однослойного или многослойного композитного материала и, при необходимости, защитного слоя, обеспечивающего защиту системы от воздействий повышенных температур, открытого пламени, ультрафиолетового излучения или механических повреждений.

П р и м е ч а н и е - защитный слой наносят на поверхность полимерного композита в соответствии с проектной документацией на усиление или восстановление стальных конструкций.

2.5. ламинат из полимерного композита (ламинат): изделие заводского изготовления, состоящее из одного (однослойный полимерный композит) или нескольких слоев (многослойный полимерный композит), образованных термореактивной смолой, армированной непрерывным углеродным волокном.

П р и м е ч а н и я:

1. Ламинаты изготавливают в виде полос или пластин различной длины, ширины и толщины, как правило, однонаправленно армированных.

2. В технической документации отдельных изготовителей вместо термина «ламинат» употребляют термин «ламель».

2.6.элементы усиления: ламинаты или их части, изделия из непрерывного углеродного волокна (ленты, ткани, сетки и другие тканые материалы), различной длины и ширины, подготовленные для наклеивания на поверхность металлической (стальной) конструкции.

2.7.термореактивный адгезив (адгезив): клеящий состав из термореактивной смолы для наклейки ламинатов или пропитки и наклейки изделий из непрерывного углеродного волокна (лент, тканей, сеток и других тканых материалов) на основание металлической (стальной) конструкции.

2.8.праймер: материал, применяемый для предварительной подготовки поверхности металлической (стальной) конструкции перед нанесением адгезива.

2.9.основание металлической (стальной) конструкции (основание): поверхность металлической (стальной) конструкции, на которую наклеивают ламинаты или изделия из непрерывного углеродного волокна (ленты, сетки, ткани и другие тканые и нетканые материалы) при ее усилении или восстановлении внешним армированием из полимерных композитных материалов.

3 Общие положения по усилению (восстановлению) строительных конструкций

3.1.Проектирование усиления или восстановления стальных конструкций следует проводить на основании результатов натурного обследования их технического состояния, выполненного в соответствии с требованиями ГОСТ 31937 и поверочного расчета.

3.2.В результате натурных обследований стальных конструкций должны быть установлены: состояние конструкций, геометрические размеры конструкции и её элементов, состояние сварных и болтовых (заклепочных) соединений, прогибы элементов металлических конструкций и искажения каркаса, распространение коррозии и степень коррозионного износа, расположение трещин и ширина их раскрытия, расположение,

размеры и характер других дефектов и повреждений, действительные нагрузки, статическая схема конструкций.

Натурные обследования строительных конструкций следует проводить с учетом требований ГОСТ 31937.

3.3. Поверочные расчеты стальных конструкций следует проводить на основании проектных материалов и результатов натурных обследований с учетом требований ГОСТ 54257.

3.4. При проектировании должны быть учтены дефекты и повреждения конструкций каркаса, выявленные в процессе натурных обследований:

- изменение механических свойств металла;
- местные повреждения элементов конструкций каркаса;
- дефекты в сварных и болтовых соединениях;
- коррозионный износ;
- нарушение условий опирания на фундамент или нижележащие конструкции.

3.5. Усиление стальных конструкций системой армирования их полимерных композиционных материалов должно обеспечивать включение в работу элементов усиления и их совместную работу с усиливаемой или восстанавливаемой стальной конструкцией.

3.6. Не допускается непосредственный контакт углеродного волокна с металлом строительной конструкции из-за опасности возникновения электрохимической коррозии.

3.7. Не допускается проводить усиление элементов стальных конструкций с корродированной поверхностью без устранения причин и продуктов коррозии.

3.8. Максимальная температура эксплуатации стальных конструкций, усиленных или восстановленных системы армирования из полимерных композитных материалов без теплоизоляции, должна быть ниже на 5°С температуры стеклования термореактивного адгезива.

3.9. При проектировании системы внешнего армирования стальных конструкций полимерными композитными материалами необходимо исключить попадание на систему прямых солнечных лучей в процессе их длительной эксплуатации, в том числе путем устройства защитного слоя.

3.10. В случае необходимости обеспечения требуемой огнестойкости стальных конструкций и защиты от повреждений композитных материалов системы внешнего армирования, следует предусмотреть устройство защитного слоя из специальных огнезащитных составов.

3.11. При проектировании системы внешнего армирования из полимерных композитных материалов для стальных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивной среды, следует предусматривать соответствующие меры защиты полимерных материалов от вредных воздействий окружающей среды.

3.12. Определение огнестойкости конструкций, усиление или восстановление которых выполнено без устройства противопожарной защиты, следует проводить с учетом исключения из работы конструкции системы внешнего армирования.

3.13. Расчет стальных конструкций, усиленных внешним армированием из полимерных композитных материалов, следует проводить по предельным состояниям.

3.1 В качестве материалов для восстановления (ремонта) и усиления стальных конструкций путем внешнего армирования системой CarbonWrap® используют:

- углеродные однонаправленные ленты CarbonWrap® Tape [3];
- углеродные двунаправленные ткани CarbonWrap® Fabric [4];
- углеродные сетки CarbonWrap® Grid [5];
- углеродные мультиаксиальные ткани [6];
- углеродные анкерные жгуты CarbonWrap® Anchor [7];
- углепластиковые ламели CarbonWrap® Lamel [8];

- термореактивные адгезивы (двухкомпонентные эпоксидные связующие CarbonWrap® Resin 230 [9], CarbonWrap® Resin 230+ [10], CarbonWrap® Resin 530+ [11], CarbonWrap® Resin WS+ [13], CarbonWrap® Resin HT+ [14], клей эпоксидный двухкомпонентный CarbonWrap® Resin Laminate+ [12]);

4 Технические решения

4.1 Усиление растянутых элементов

4.1.1 Усиление выполняют для конструкций, имеющих дефицит несущей способности и недостаточную жесткость. Усиление внешним армированием позволяет повысить несущую способность до 40% и жесткость до 5%.

4.1.2 Усиление выполняют путем наклейки элементов внешнего армирования вдоль растягивающих усилий.

В качестве элементов усиления возможно применение углеродных лент/тканей, углепластиковых ламелей (ламинатов), углеродных сеток и анкерных жгутов.

4.1.3 На основании расчетов назначается необходимая длина анкеровки внешнего армирования. Рекомендуется дополнительно анкеровку выполнять хомутами.

4.1.4 Принципиальная схемы усиления растянутых элементов уголков и профильной трубы показаны на примере усиления нижних поясов ферм рис. 4.1 - 4.4.

4.1.5 Ширину лент и схему ее наклейки принимают с таким расчетом, чтобы не оставался свободный конец менее 30 мм. Для ламинатов ширина не должна превышать 0,9 ширины оклеиваемой стороны.

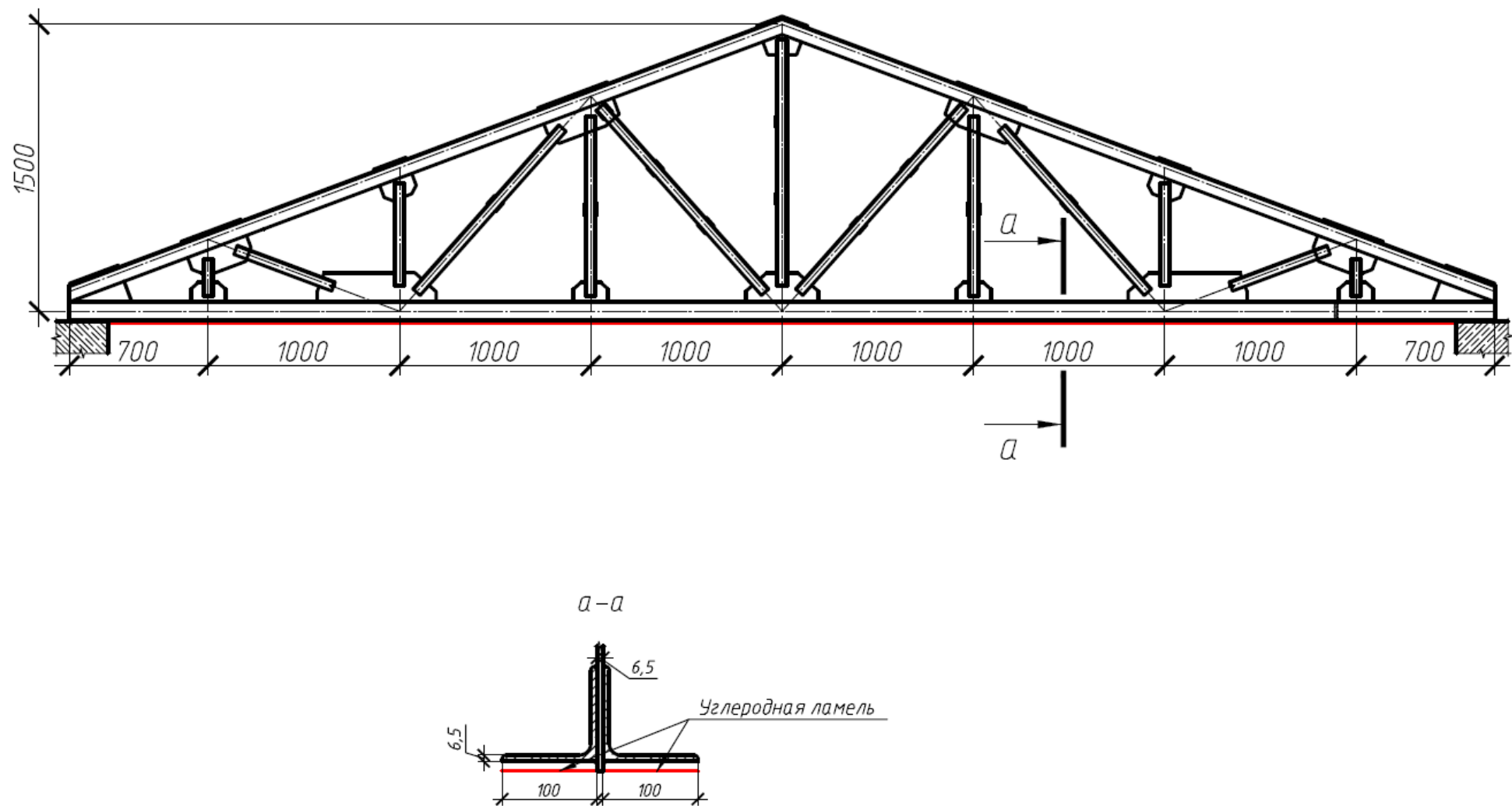


Рисунок 4.1 – Усиление растянутого элемента (уголок)

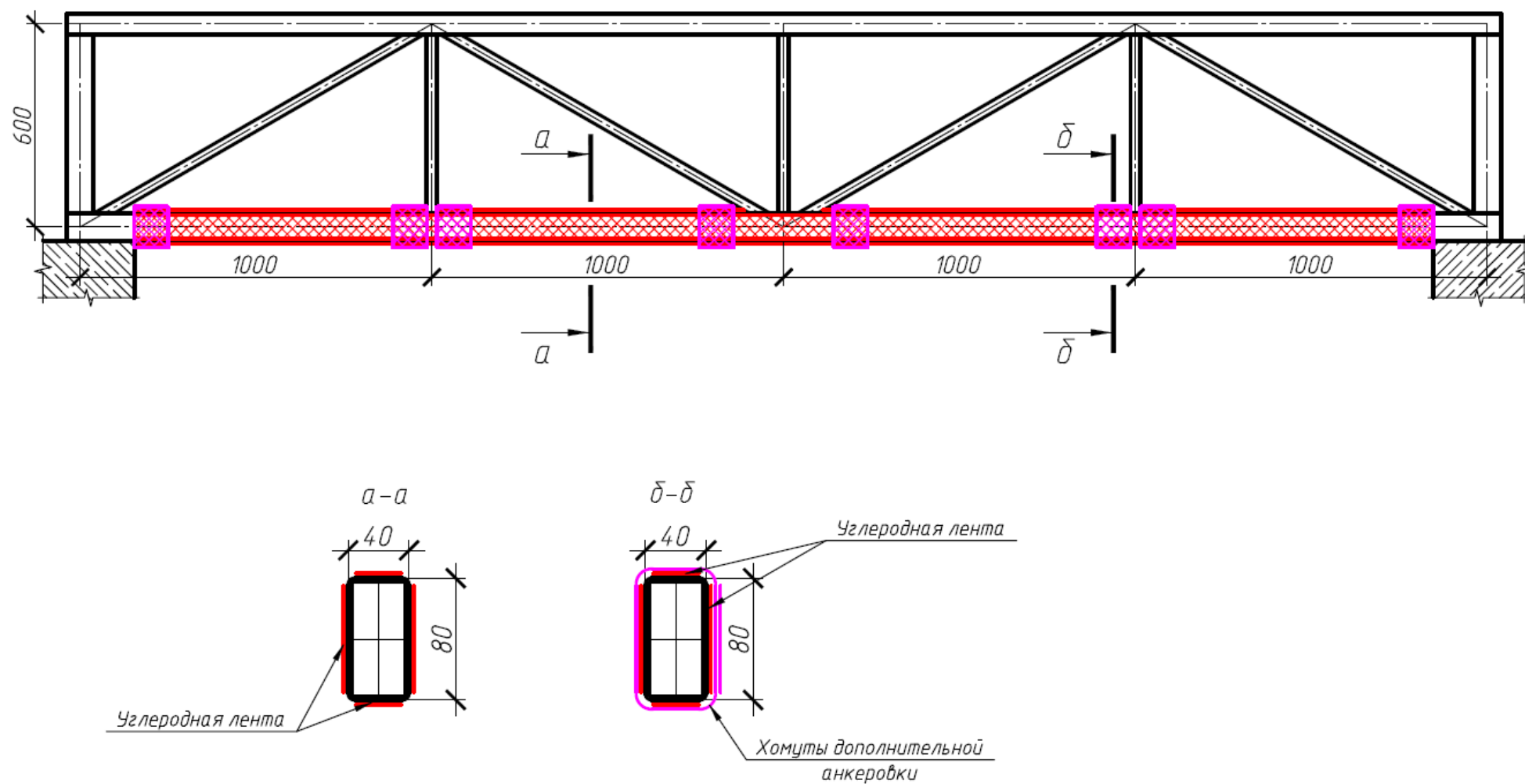


Рисунок 4.2 – Усиление растянутого элемента (профильная труба)

Усиление углеродной лентой CarbonWrap® Tape

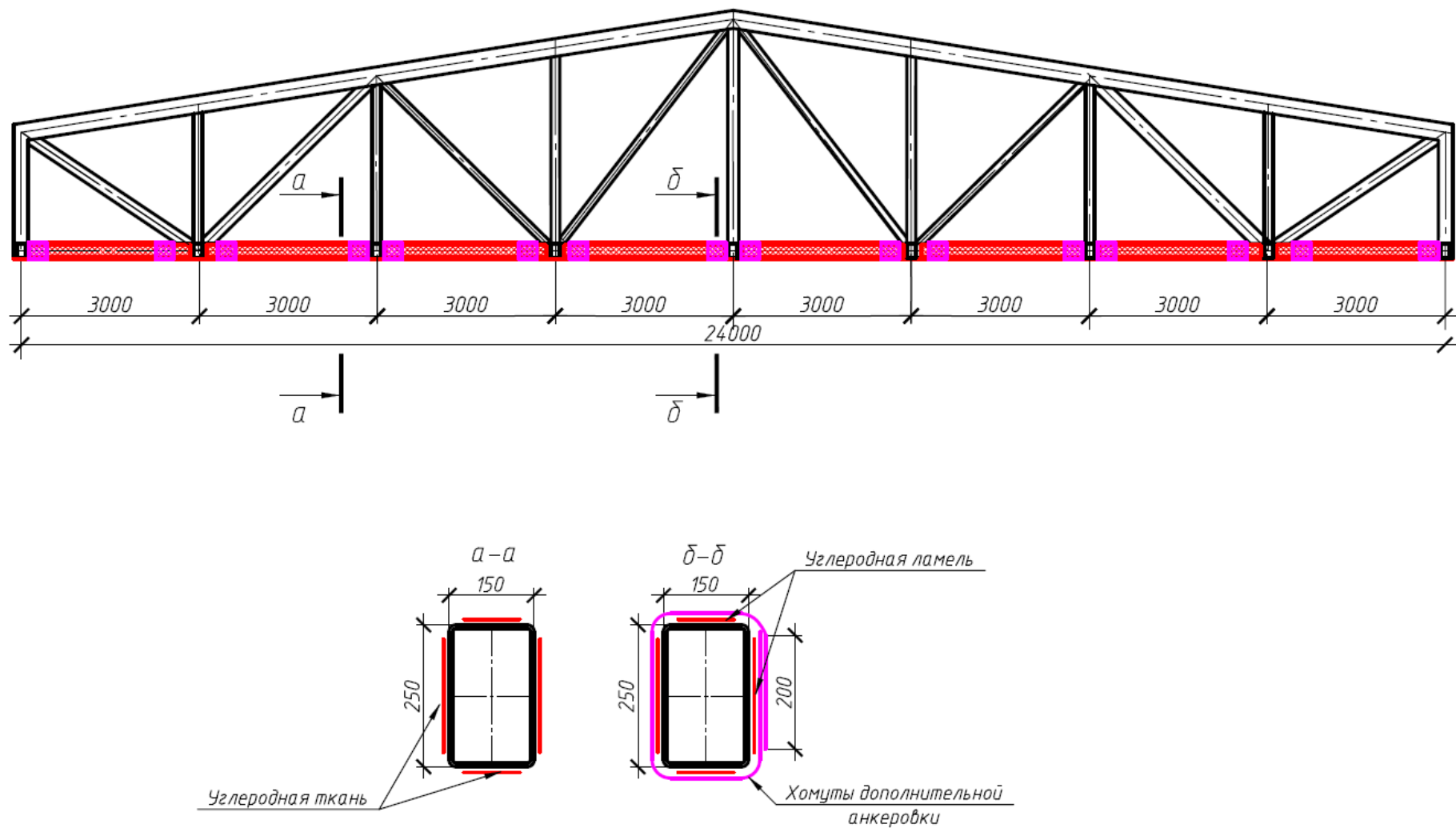


Рисунок 4.3 – Усиление растянутого элемента (профильная труба)

Усиление углеродной тканью CarbonWrap® Fabric и углепластиковыми ламелями CarbonWrap® Lamel

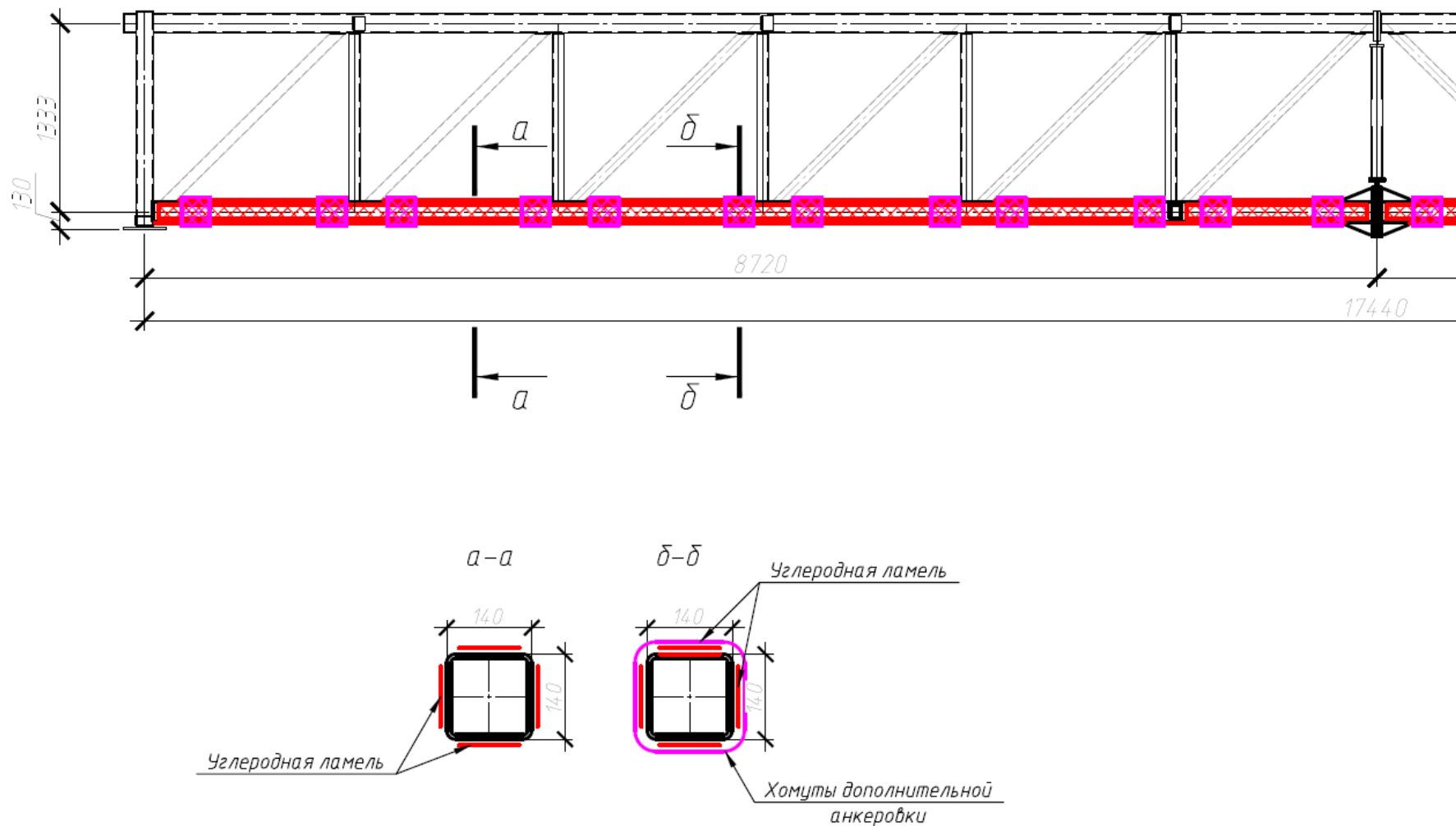


Рисунок 4.4 – Усиление растянутого элемента (профильная труба)

Усиление углепластиковой ламелью CarbonWrap® Lamel

4.2 Усиление изгибаемых элементов

4.2.1. Усиление выполняют для конструкций, имеющих дефицит несущей способности и недостаточную жесткость.

4.2.2. Усиление внешним армированием позволяет повысить несущую способность до 25% и жесткость до 15%.

4.2.3. Усиление выполняют путем наклейки элементов внешнего армирования вдоль растягивающих усилий.

4.2.4. В качестве элементов усиления возможно применение углеродных лент/тканей, углепластиковых ламелей (ламинатов), углеродных сеток и анкерных жгутов.

4.2.5. Возможны варианты дополнительного усиления сжатой зоны путем приварки элементов проката (листов).

4.2.6. На основании расчетов назначается вид и необходимое количество внешнего армирования.

4.2.7. Принципиальные схемы усиления изгибаемых элементов показаны на рис. 4.5 - 4.7.

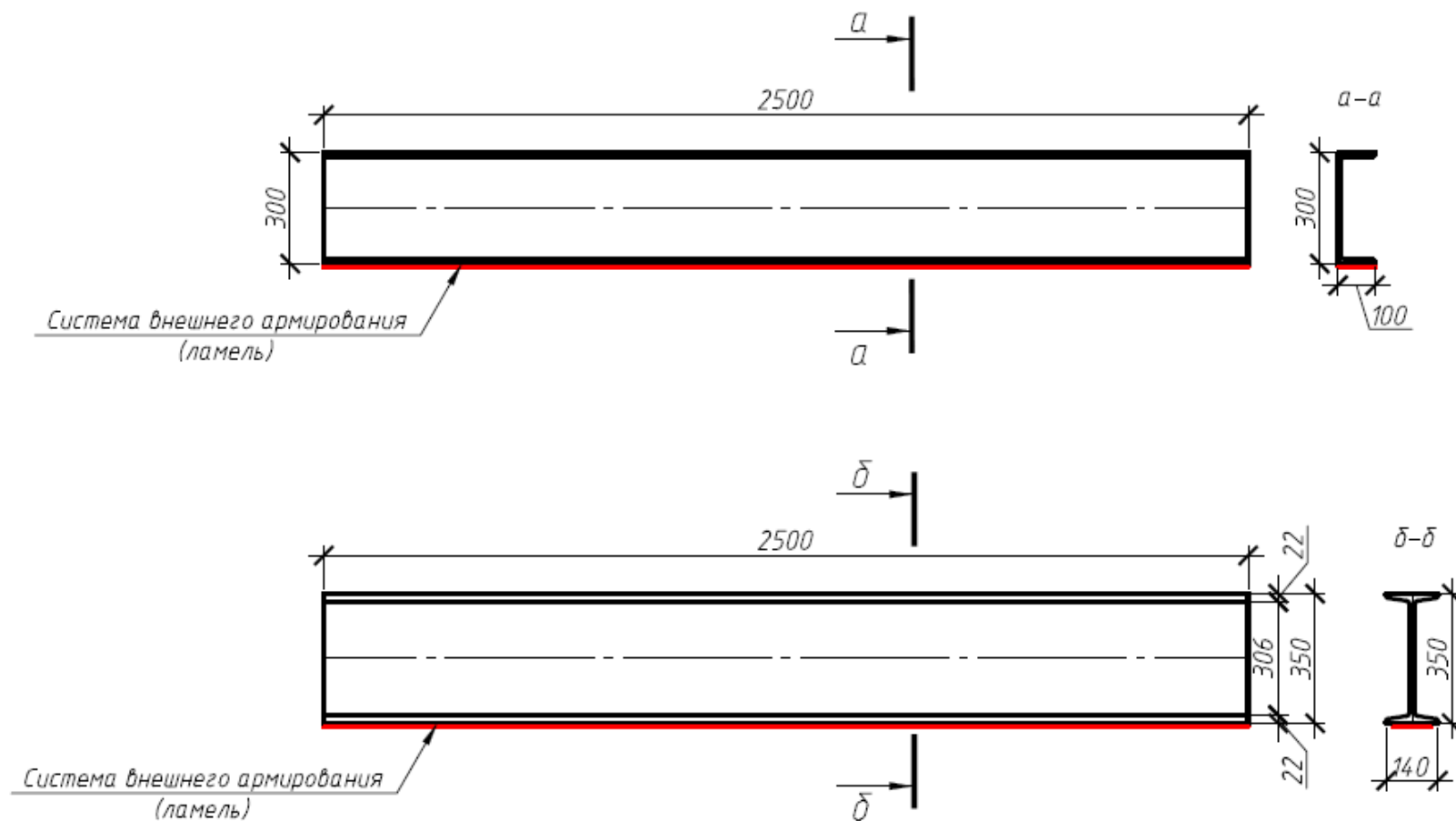


Рисунок 4.5 – Усиление изгибаемых элементов
(усиление только растянутой зоны углепластиковыми ламелями CarbonWrap® Lamel)

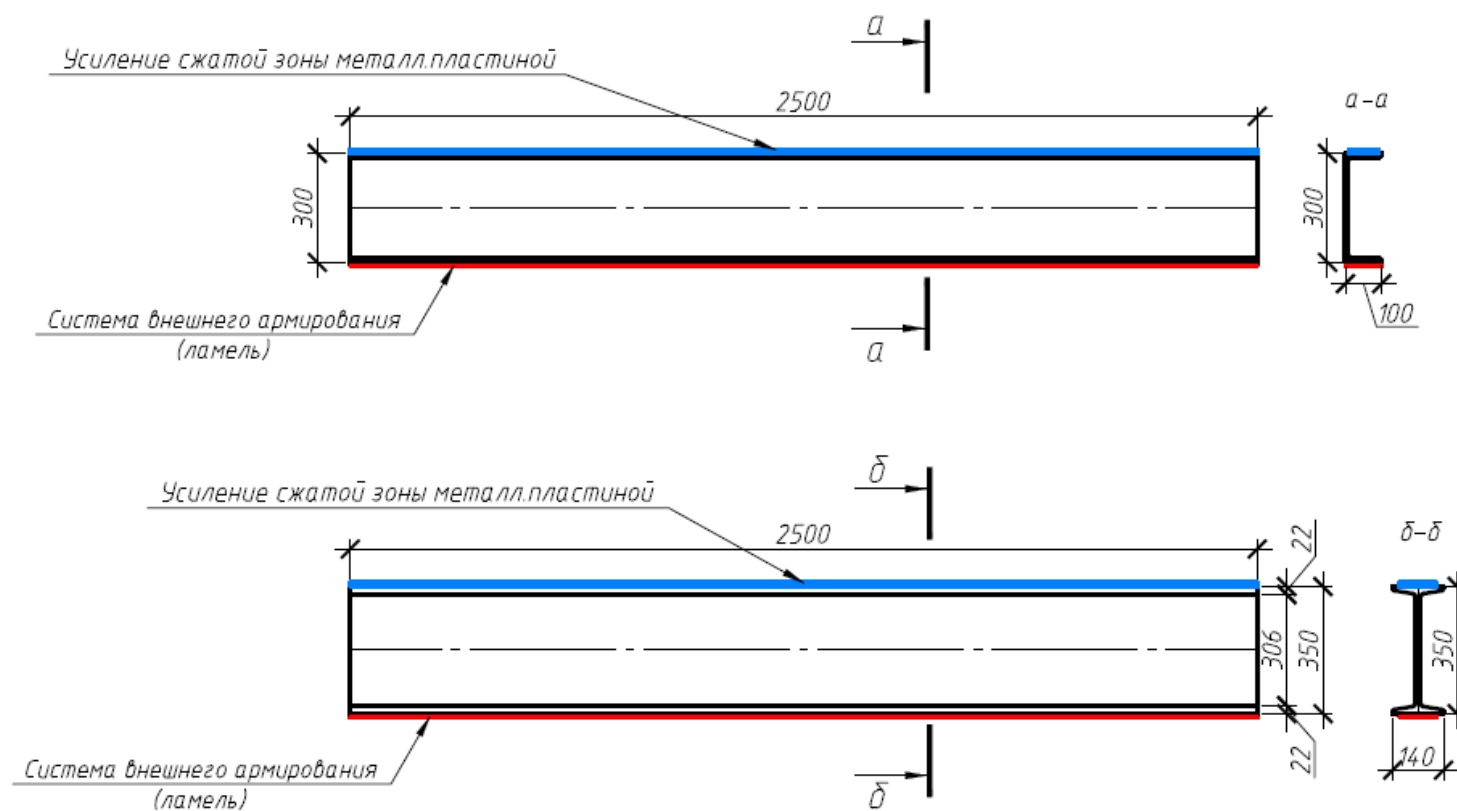


Рисунок 4.6 – Усиление изгибаемых элементов
(усиление растянутой зоны композитными материалами и сжатой зоны приваркой стального листа)

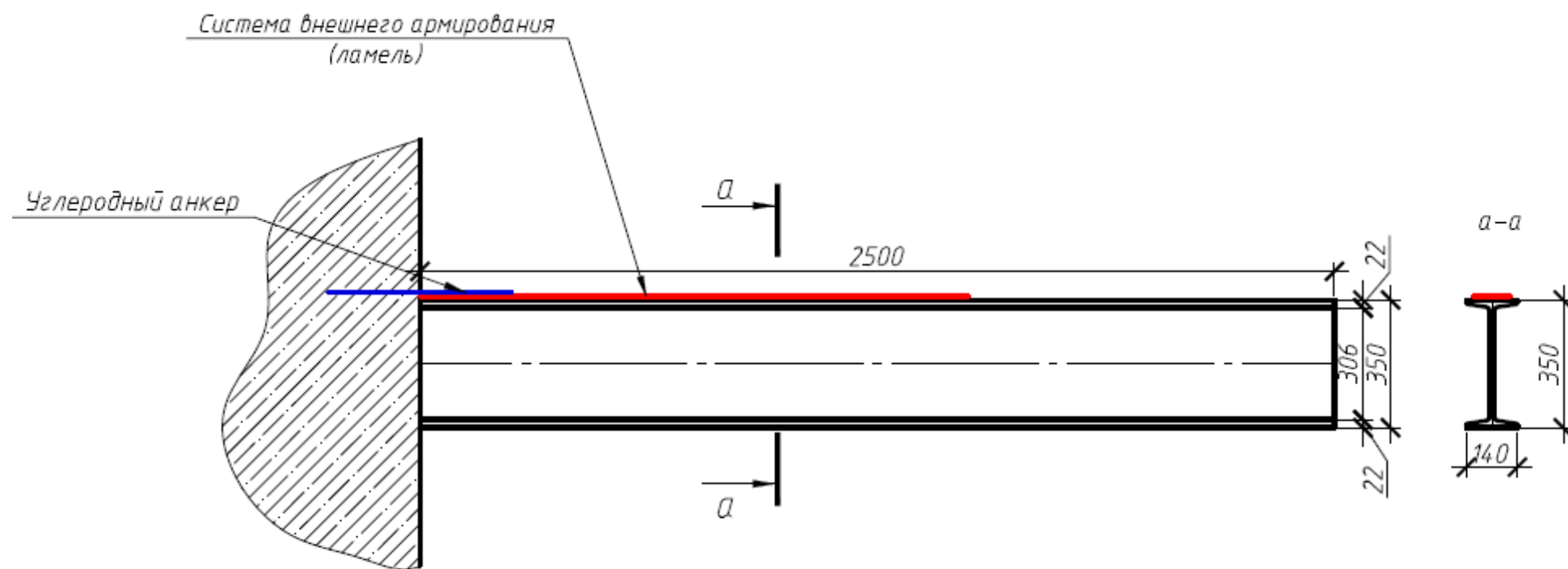


Рисунок 4.7 – Усиление изгибаемых элементов (усиление консольной балки)

4.2.8. Ширину лент и ламинатов принимают не более 0,9 ширины оклеиваемой стороны. Заведение лент/тканей на боковую поверхность допускается только при высоте вертикального участка более ширины заводимой ленты/ткани.

4.2.9. Опорные зоны элементов усиления рекомендуется дополнительно анкеровать хомутами.

4.3 Усиление емкостей

4.3.1. Усиление выполняют для конструкций, имеющих дефицит несущей способности, дефекты и повреждения несущего слоя.

4.3.2. Усиление внешним армированием в этом случае позволяет повысить несущую способность до 25%.

4.3.3. Усиление выполняют путем наклейки элементов внешнего армирования вдоль растягивающих усилий.

4.3.4. В качестве элементов усиления возможно применение углеродных лент/тканей, углепластиковых ламелей (ламинатов), углеродных сеток и анкерных жгутов.

4.3.5. На основании расчетов назначается вид и необходимое количество внешнего армирования. Для обойм (элементов, воспринимающих распор) рекомендуемое количество слоев не более 10 для лент и не более 2 для ламинатов.

4.3.6. Принципиальная схемы усиления емкостей показаны на рис.

4.8. На рис. 4.9-4.11 представлены примеры усиления.

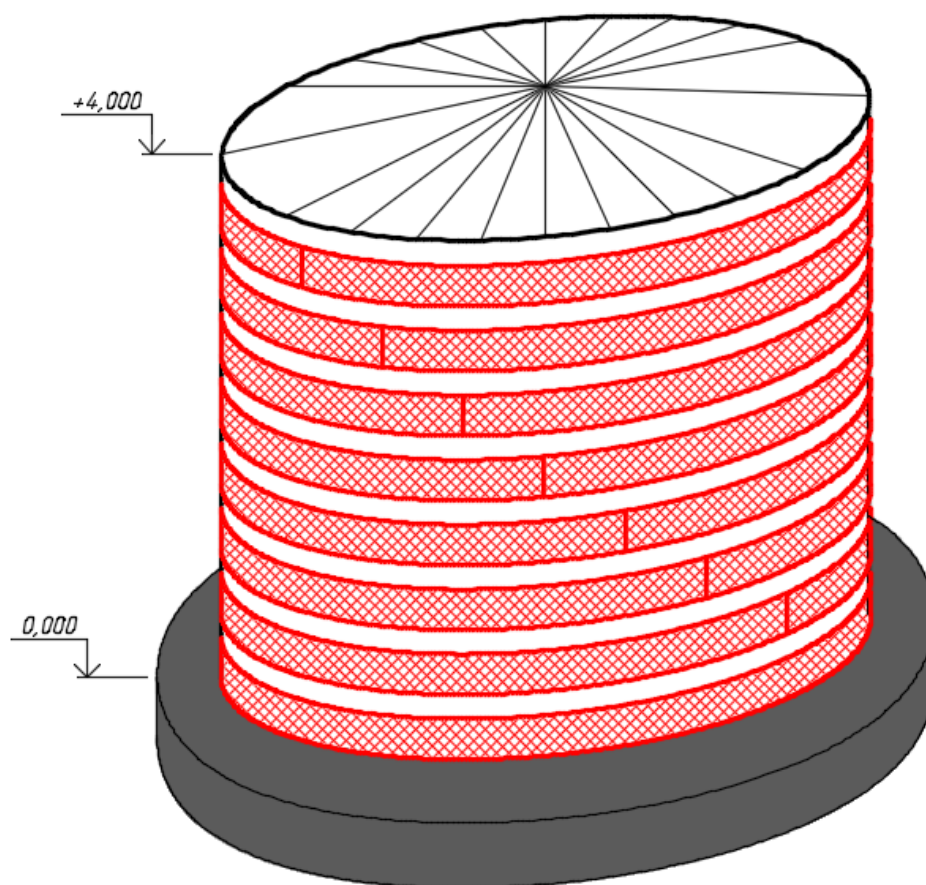


Рисунок 4.8 – Усиление емкости

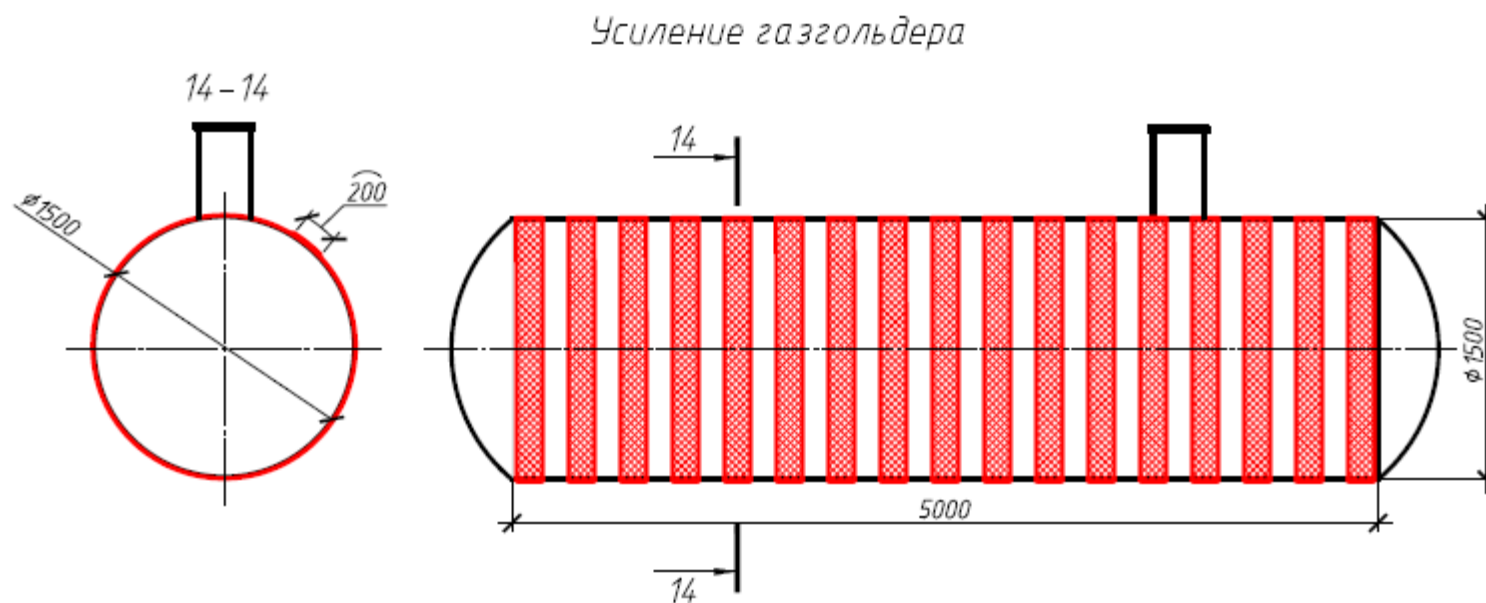


Рисунок 4.9 – Усиление газгольдера

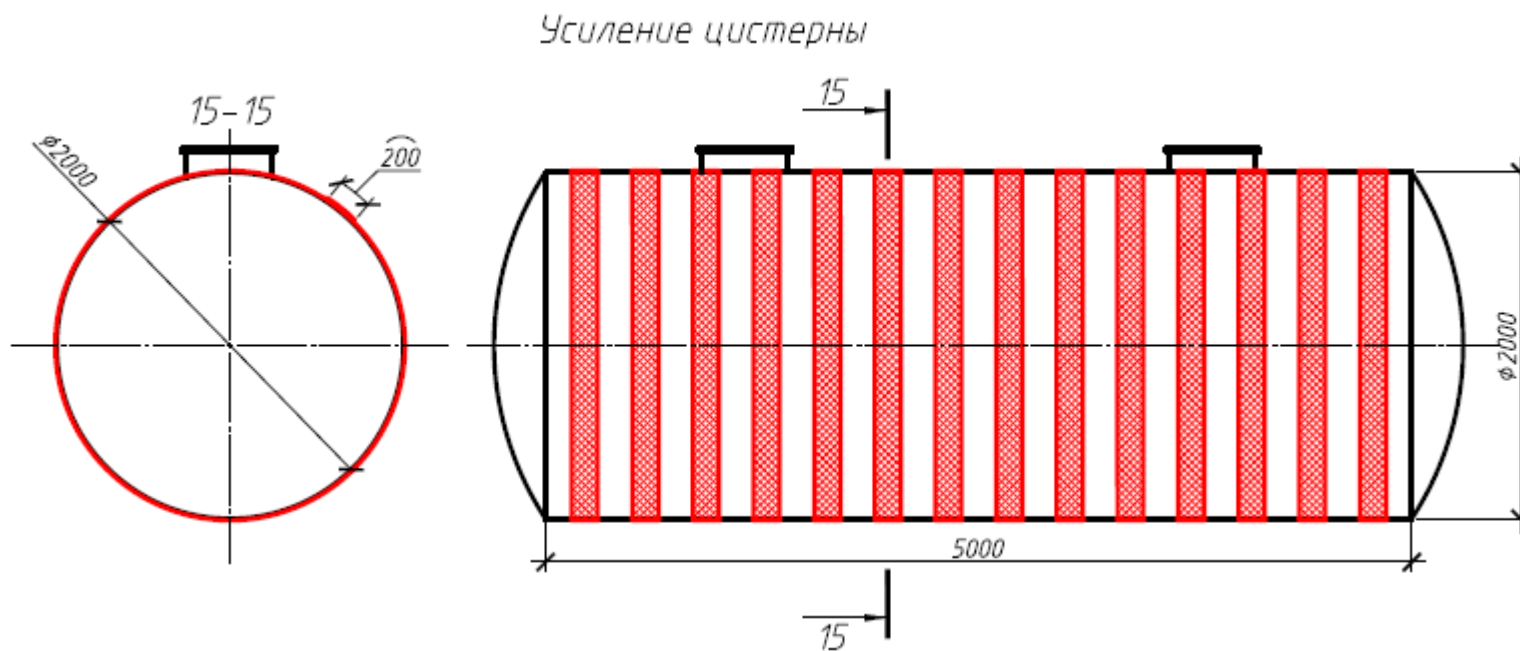


Рисунок 4.10 – Усиление цистерны

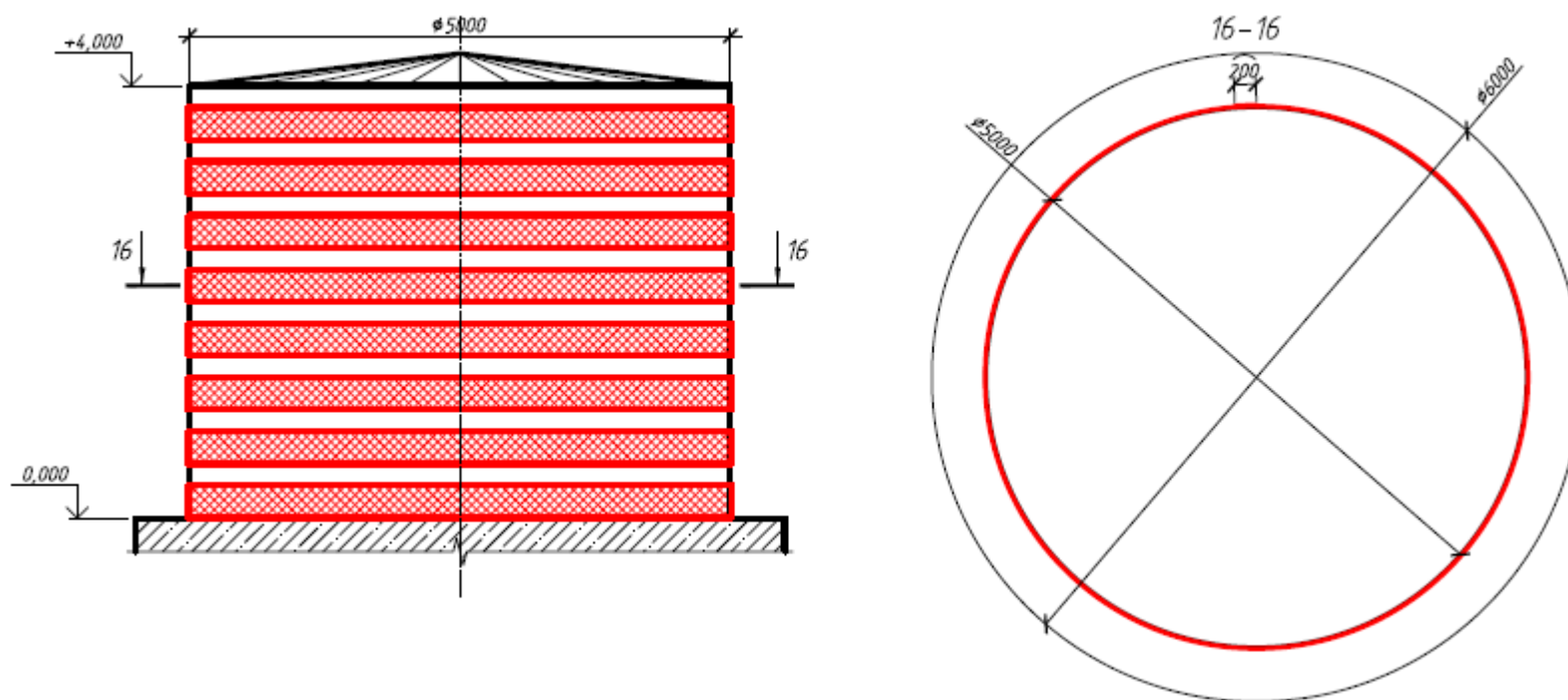


Рисунок 4.11 – Усиление резервуара

5 Конструктивные требования

5.1 Число слоев углеродных однонаправленных лент, тканей, сеток и углепластиковых ламелей в многослойных СВА следует ограничивать в зависимости от силы сцепления композитного материала с поверхностью металлической (стальной) конструкции. Рекомендуемое число слоев следует принимать:

- для углепластиковых ламелей – не более одного;
- для углеродных однонаправленных лент, тканей и сеток – не более пяти.

5.2 Ширину элементов усиления внешнего поперечного армирования b_f следует принимать не менее 50 мм и не более 600 мм. Разделение ламинатов на отдельные полосы не допускается.

5.3 Длину перепуска (нахлеста) при стыковке элементов усиления, следует принимать по указаниям предприятия-изготовителя или определять испытаниями. В любом случае длину нахлестки l_{an} рекомендуется принимать не менее 300 мм. Нахлест следует располагать «вразбежку».

5.4 Испытание образцов с участком стыка элементов усиления по длине следует выполнять по ГОСТ 25.601. Длина нахлестки должна обеспечивать прочность сечения элементов усиления со стыком не ниже прочности сечения без стыка.

5.5 В многослойных СВА стыки слоев композита следует располагать на противоположных гранях усиливаемой конструкции.

5.6 Длину перепуска (нахлеста) углеродных сеток с адгезивом из полимерных составов следует принимать по рекомендациям предприятия-изготовителя СВА.

5.7 Для обеспечения анкеровки элементов усиления допускается устройство дополнительных механических креплений стальными пластинами, устройство химических анкеров, а также углеродных анкерных жгутов.

5.8 Поперечные хомуты следует наклеивать поверх продольного элемента усиления.

5.9 Не допускается прямой контакт углеродного волокна элементов усиления и стальных элементов усиливаемой конструкции. В качестве изоляционного слоя между углеродными волокнами элементов усиления и стальными элементами усиливаемой конструкции могут выступать слой адгезива толщиной более 1 мм или стеклоткань.

5.10 Трещины шириной раскрытия более 0,2 мм не допускаются. При наличии таких трещин следует руководствоваться требованиями СТО [2].

5.11 Пересечение элементов усиления допускается только при обеспечении их взаимного сцепления путем склеивания.

5.12 При устройстве обойм и хомутов из углеродных однонаправленных лент и двуправленных/мультиаксиальных тканей в поперечном направлении и при их загибе через углы конструкции на углах необходимо выполнить фаски с длиной катета не менее 5 мм, либо скругление с радиусом не менее 5 мм.

5.13 Очистку поверхности усиливаемой конструкции следует проводить пескоструйной обработкой или обработкой металлическими щетками с последующей высоконапорной промывкой водой (под давлением не менее 1,0 МПа).

Библиография

- [1] Свод правил СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений
- [2] СТО 38276489.003-2017 Усиление стальных конструкций композитными материалами. Проектирование и технология производства работ.
- [3] Технические условия ТУ 1916-041-38276489-2017 Углеродные однонаправленные ленты для системы внешнего армирования
- [4] Технические условия ТУ 1916-042-38276489-2017 Углеродные двунаправленные ткани для системы внешнего армирования
- [5] Технические условия ТУ 1916-043-38276489-2017 Углеродные сетки для системы внешнего армирования
- [6] Технические условия ТУ 1916-066-38276489-2017 Углеродные мультиаксиальные ткани
- [7] Технические условия ТУ 1916-045-38276489-2017 Углеродные анкерные жгуты CarbonWrap® Anchor
- [8] Технические условия ТУ 2256-044-38276489-2017 Углепластиковые ламели CarbonWrap® Lamel
- [9] Технические условия ТУ 2257-046-38276489-2017 Эпоксидное двухкомпонентное связующее CarbonWrap® Resin 230 для пропитки систем внешнего армирования

- [10] Технические условия Эпоксидное двухкомпонентное
ТУ 2257-047-38276489- связующее CarbonWrap® Resin 230+ для
2017 пропитки систем внешнего армирования.
- [11] Технические условия Эпоксидное двухкомпонентное
ТУ 2257-048-38276489- связующее CarbonWrap® Resin 530+ для
2017 пропитки систем внешнего армирования.
- [12] Технические условия Клей эпоксидный двухкомпонентный
ТУ 2252-051-38276489- CarbonWrap® Resin Laminate+ для систем
2017 внешнего армирования.
- [13] Технические условия Эпоксидное двухкомпонентное
ТУ 2257-049-38276489- связующее CarbonWrap® Resin WS+ для
2017 пропитки систем внешнего армирования.
- [14] Технические условия Эпоксидное двухкомпонентное
ТУ 2257-050-38276489- связующее CarbonWrap® Resin HT+ для
2017 пропитки систем внешнего армирования.