

# Преимущество применения композитных материалов при ремонте трубопроводов

**И. Н. Воробьев**

кандидат технических наук\*

\*Холдинговая Компания «ИНТРА ТУЛ», Санкт-Петербург, Россия

**Композитные материалы — одна из самых перспективных технологий ремонта трубопроводов, которая сочетает в себе такие преимущества как — прочность, легкость, коррозионную стойкость. Сфера применения композитных материалов чрезвычайно широка и постоянно расширяется (авиационная и космическая промышленность, машиностроение, энергетика, ОПК, нефтегазовая, строительная отрасли). Технология ремонта напорных трубопроводов с использованием композитных материалов уже давно доказала свою высокую эффективность, однако, наибольшую популярность она стала набирать лишь в 5–10 лет назад.**

## Ключевые слова

композитные материалы, рынок ремонта композитными материалами, специфика ремонта композитными материалами, ремонт трубопроводов

Полимерные композитные материалы (ПКМ) для ответственных конструкционных и ремонтных целей, применяются в различных отраслях промышленности Германии с середины 30-х годов, в США — с начала 50-х, а в нашей стране, в нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности — с начала 60-х годов.

Исходя из ряда существенных преимуществ соединений металлов композитными материалами перед другими способами при массовых ремонтах, в начале 70-х годов была создана отечественная научно-обоснованная технология ремонта металлоконструкций, длительно работающих в углеводородных и водных средах.

По этой технологии, получившей название «холодная сварка», на нефтеперерабатывающих заводах ремонтировались аварийные участки подземных газопроводов, диаметром 100 мм с рабочим давлением до 20 кг/см<sup>2</sup>, и нефтепроводы, диаметром до 200 мм. Устранялись крупные свищи и большие трещины на трубопроводах работающих под давлением более 16 кг/см<sup>2</sup>. Ремонт трубопроводов, работающих под давлением 6–7 кг/см<sup>2</sup>, производился без прекращения подачи жидкости или газа [2].

При этом технология ремонта, в том виде, в котором применяется сейчас, появилась более 20 лет назад [1].

На сегодняшний день существует несколько разновидностей подобного ремонта. Различия заключаются в применяемых материалах и устройствах. Самыми известными на рынке среди зарубежных брендов являются Res-q (TDW), FibaRoll (Fibatech), Clockspring, Diamondwrap (citadeltechnologies). А среди российских брендов наиболее известны Интра КРМ), Муфты ГАРС, Муфты УКМТ, Муфты РСМ, Технопласт.

## Что такое композитный материал и как он применяется в ремонтных работах?

По общему определению, композитный материал состоит из двух или более материалов с взаимно усиливающим их свойства эффектом. В случае с некоторыми композитными

ремонтными муфтами, комбинация армирующего волокна и полиуретанового/эпоксидного связующего, дает возможность достичь максимальных прочностных характеристик, в 1,5–2 раза выше, чем у стали. В зависимости от задачи, в качестве армирующего компонента используется стекловолокно, либо углеволокно.

Сам принцип устранения дефектов трубопроводов с помощью композитных материалов состоит в перераспределении кольцевых нагрузок в стенке трубы, посредством перенесения их на волокно (в отвержденном состоянии). Равномерный перенос напряжений, осуществляется специальными эпоксидными составами — праймерами. Несмотря на то, что сталь будет подвержена пластической деформации, степень последней будет ограничена наружным слоем композитного материала, имеющего много больший предел прочности, что обеспечит безопасность эксплуатации трубопровода при максимально допустимом рабочем давлении.

Стандартный и эффективный метод ремонта с применением композитных материалов предусматривает использование трехкомпонентной системы, включающей армирующую волокнистую ткань, связующее вещество для сцепления композитного материала с трубой и каждым последующим витком ткани и наносимый на зону дефекта состав (праймер), имеющий высокую прочность при сжатии (для передачи нагрузки).

Сфера применения композитных материалов в качестве средства ремонта трубопроводов и различных несущих конструкций достаточно широка. Данная технология может решать, в частности, следующие задачи:

- ремонт внутренних и внешних дефектов;
- устранение изгибов;
- ремонт сварных швов;
- устранение последствий механических повреждений;
- коррозия в местах установки опор трубопроводов;
- устранение заводских дефектов;
- ремонт в условиях высокой температуры трубопровода;
- ремонт при отрицательных температурах;

Название	Преимущества к композитному ремонту	Недостатки к композитному ремонту
Врезка катушек, замена участков с остановкой трубопровода	Полностью меняется участок	Высокая стоимость, необходимость остановки трубопровода, необходимость в специальном оборудовании
Врезка катушек, замена участков без остановки трубопровода	Полностью меняется участок	Высокая стоимость, необходимость в специальном оборудовании
Аварийный ремонт (наложение заплат, хомутов; установка чоппиков)	Низкая стоимость, скорость	Временный ремонт (высокая ответственность при повторной поломке)
Полноохватывающие стальные обжимные муфты		Высокая стоимость, необходимо специальное оборудование (особенно на трубопроводах больших диаметров), в некоторых случаях необходимость огневых работ
Ремонт мелких дефектов	Низкая стоимость, скорость	Временный ремонт
Полноохватывающие стальные не обжимные муфты		Высокая стоимость, Временный ремонт

Таб. 1 — Преимущества композитного ремонта по отношению к другим видам ремонта

- усиление конструкции;
  - остановка распространения трещины;
  - ремонт коррозионных повреждений.
- Основные потребители композитного ремонта:
- нефтегазодобывающая промышленность;
  - нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность;
  - магистральный трубопроводный транспорт;
  - энергетика (в т. ч. атомная);
  - горнодобывающая промышленность;
  - целлюлозно-бумажная промышленность;
  - ЖКХ;
  - строительство;
  - морские терминалы/нефтеперевалочные базы.

### Ремонт композитными муфтами

Композитная муфта — это современное технологичное средство для ремонта трубопроводов и соединительных деталей трубопроводов (СДТ) с геометрией любой сложности (отводы, переходы, тройники, крестовины и т.п.).

Существует несколько типов ремонтных конструкций, традиционно называемых «композитными муфтами». Следует различать конструкции с болтовыми соединениями (PCM, KCM, UKMT и т.д.) от адгезионных муфт, образующих единое целое со стенкой трубопровода (ИНТРА КРМ, Порсил-РЭМ, Технопласт). Существует несколько типов последних, отличающихся полимерного связующего, равно как и многими другими основными эксплуатационными характеристиками.

Расчет обеих композитных ремонтных конструкций производится по стандартам ISO 24817 и ASME PCC-2, регламентирующим размеры муфт (толщина и осевая длина) в зависимости от типа дефекта, параметров трубопровода и перекачиваемой среды (температура, давление, число циклов и т.п., а также предполагаемого/желаемого срока эксплуатации данного трубопровода. Нанесение возможно как на

прямые участки, так и на геометрически сложные (отводы, тройники, крестовины и т.п.), при этом не требуется использование специального оборудования, а сам процесс намотки ткани можно осуществлять силами двух человек (на малых диаметрах даже одного). Таким образом, даже масштабные ремонтно-восстановительные работы не требуют привлечения большого количества рабочего персонала. Процедура нанесения материала несложна и не требует специальной квалификации (в отличие от сварки), однако для успешного применения необходимы теоретическое и практическое обучение, а также, дальнейший супервайзинг проводимых работ.

Супервайзинг — комплекс мероприятий по обеспечению качества ремонтных работ, является прогрессивной формой организации, управления капитального ремонта и строительства технологического оборудования и трубопроводов.

Цель этих мероприятий обеспечить качество работ для сведения к минимуму риска возникновения утечки на фланцевых соединениях и деталях трубопроводов, возникновения остановок оборудования в межремонтный период, исключение возможности аварии во время эксплуатации, увеличение срока службы и межремонтного цикла оборудования.

Независимый контроль супервайзинговой компании позволяет максимально снизить коррупционные риски, экономические риски, повысить квалификацию персонала.

Технология герметизации утечек композитными муфтами успешно применяется и остается обязательной составляющей при внеплановом ремонте на таких предприятиях как RoyalDutchShell (Голландия), BP (Великобритания), «ЛУКОЙЛ Оверсиз» (заводы в Европе), AGIP (Италия) и др.

Преимущества использования этой технологии значительны, как в рамках одного отдельно взятого предприятия, так и

в рамках промышленности в целом. При ее использовании: сокращается количество простоев, которые влекут колоссальные издержки, сохраняется целостность систем и установок предприятий, увеличивается срок эксплуатации основных фондов, достигается значительная экономия материалов, вырабатываемых продуктов наибольшую выгоду от использования композитных муфт можно получить, применяя их в превентивном порядке, не допуская развития дефекта на проблемном участке до сквозного. Таким образом, исключается сама возможность появления утечки и необходимость ликвидировать ее, что, в свою очередь, снижает риск простоя оборудования и повышает эффективность и безопасность производства.

Наконец к весомым преимуществам можно отнести и ее промышленную и экологическую безопасность. Во время работы предприятия, на котором имеются не ликвидированные протечки, уровень шума значительно возрастает, превышая допустимые нормы. После проведения работ по герметизации протечки уровень шума снижается до нормативных показателей. Кроме этого, следует отметить и снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду на предприятиях нефтехимии, которого также можно достичь путем применения данной технологии.

### Рынок ремонта композитными материалами

На сегодняшний день рынок ремонта трубопроводов представлен на рис. 1 (по классификации института природных ресурсов):

Также необходимо учитывать конкуренцию ремонта композитными материалами с другими видами ремонта.

В данном случае нужно отметить специфику ремонта композитными материалами — их применение основано на необходимости быстро и с минимальными затратами устранить

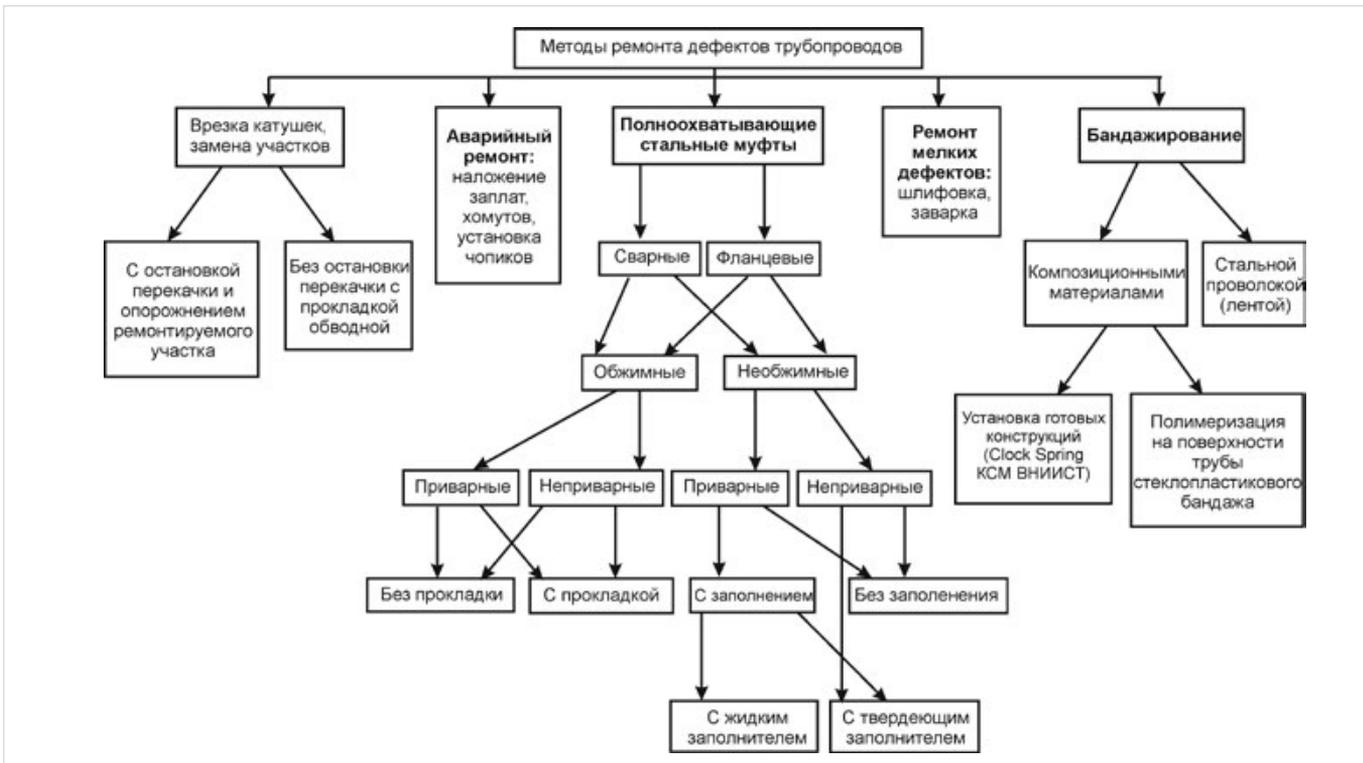


Рис. 1 — Рынок ремонта трубопроводов

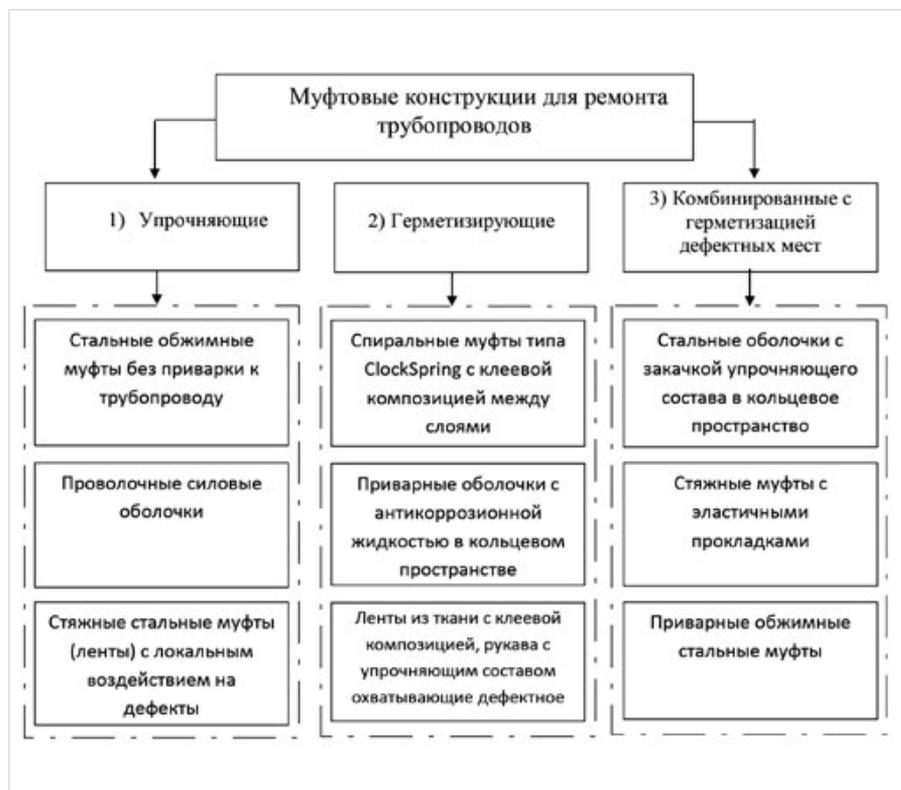


Рис. 2 — Виды муфтового ремонта

утечку или восстановить несущую способность трубопровода без остановки. При этом, если остановка все же предусматривается, то актуальность данного метода падает, так как в этом случае применяются более тяжелые и дорогие методы ремонта (таб. 1).

Композитный ремонт представлен на рис. 2. Из данной схемы видно, что и стальные и композитные муфты могут использоваться для одних и тех же целей. При этом композитные материалы могут использоваться, в том числе и со стальными муфтами. Методы ремонта с композитными материалами являются методами постоянного ремонта (обычно гарантия на такие работы от 20 лет). Как правило, композитные материалы используются в тех случаях, когда нужен оперативный ремонт без остановки трубопровода и огневых работ.

#### Итоги

Очевидна перспективность рынка композитного ремонта:

- Данный ремонт наиболее эффективен по соотношению цена-качество (достаточно низкая цена, при этом выгоды, которые предоставляет данный вид ремонта, очень существенны: восстановление несущей способности, коррозионная стойкость и т.д.);
- Так как применение композитных материалов не требует специальной квалификации, то компания в максимально короткие сроки может обучить свой персонал

Название	Температура нанесения материала (°С)	Температура рабочей среды, эксплуатации	Полное отверждение	Состав
Интра КРМ	от 0 до 100	до 250	1–8 ч	Стекло- или углеволокно, эпоксидные смолы, полиуретановый состав
ClockSpring		до 100	2 ч	Армирующая стеклополимерная композитная лента из стеклопластика. Полиэфирная смола
DiamondWrap		до 150		Углеродистое волокно и эпоксид
ТехноПласт Рулон	от (-15 до 40)	до 100 (255 — деформация материала)	1 ч	нейлоновая пленка; обогащенный слой смолы; вуаль из стекловолокна С-типа; матрица из стекловолокна Е-типа. Винил эфирная эпоксидная смола
ТехноПласт Рулон ПС (пожаростойкий)	от (-15 до 40)	150 (220 — кратковременное воздействие) 255 — деформация материала	1 ч	нейлоновая пленка; обогащенный слой смолы; вуаль из стекловолокна С-типа; матрица из стекловолокна Е-типа. Винил эфирная эпоксидная смола
Res-q	от -20	80 (до 177 высокотемпературный)		
PCM	от -60	до +80		Стеклопластик из анизотропных стекловолокон, пропитанных связующим составом
ГАРС	от -60	до +80	До 2 часов	Анизотропный рулонный стеклопластик
УКМТ (smartlock)	от -7	-60 до 110		
КСМ	от +5	-150 до 110	1,5 часа (24 часа — набор прочности)	Стеклопластик
Сварная П1				
БИУРС	от 5 до 50		От 2 до 8 часов	Стеклосетка, материалы РЭМ-сталь Рэм-алюминий (выравнивающие материалы), адгезив ПГР 4
Арбис	от -60	до +140		Металлизированная пленка, изолон, мастика, углеволокно

Таб. 2 — Сравнительная таблица характеристик

- данному методу ремонта;
- Не требует специального или тяжелого оборудования, следовательно, содержать какой-либо парк техники для ремонтной бригады не нужно;
- Ремонт можно осуществлять на действующем трубопроводе (снижение затрат на ремонт);
- Относится к постоянному ремонту.

#### Выводы

Преимущества ремонта трубопровода композитными материалами:

- возможность проведения на оборудовании в режиме работы;
- низкие временные затраты;
- увеличение срока службы всего оборудования;
- прочнее и легче стали;
- коррозионная стойкость и износостойкость;
- возможность применения на изогнутых участках, тройниках, отводах, а также участках с трудным доступом

- (например, где расстояние от стены до трубы минимально);
  - полностью восстанавливается несущая способность конструкции;
  - экономически выгоднее планового ремонта;
  - не требует специальной квалификации персонала;
  - отсутствие температурного воздействия (так как нет сварки — то безопасность гораздо выше);
  - инженерный расчет в соответствии с ISO TS 24817 и ASME PCC-2 ст. 4.1. в течение 20 лет обеспечивает надежность ремонта;
  - не требует специального оборудования при выполнении работ;
  - композитный ремонт может выполняться под водой;
  - широкий диапазон сред и температур;
  - экологичность.
- Главные плюсы:
- низкая стоимость;
  - (по отношению к другим методам ремонта);

- низкие временные затраты (по отношению к другим методам ремонта);
- универсальность применения;
- постоянный метод ремонта.

Композитные материалы востребованы, прежде всего, из-за следующих свойств:

- Легкость;
- Прочность;
- Экономичность;
- Коррозионная стойкость;
- Износостойкость.

#### Список используемой литературы

1. Ремонт трубопроводов полимерными композитными материалами. Режим доступа: <http://lib.znate.ru/docs/index-197659.html> (дата обращения: 29.11.2012.).
2. Эндрю Дж. Патрик Композитные материалы: конкретные примеры применения для ремонтных работ на трубопроводах. Режим доступа: [http://www.rogtectmagazine.com/PDF/Issue\\_004/11.pdf](http://www.rogtectmagazine.com/PDF/Issue_004/11.pdf).

ENGLISH

PIPELINE

## The advantage of using the composite materials for repair pipelines

UDC 622.692.4

#### Authors:

Ivan N. Vorobyov — candidate of technical sciences<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Holding company "INTRA TOOL", Saint-Petersburg, Russian Federation

#### Abstract

Composite materials — one of the most promising technologies for repair of pipelines, which combines the advantages of both — strength, lightness, corrosion resistance.

Scope of application of composite materials is very wide and is constantly expanding (the aerospace industry, mechanical engineering, energy, defense, oil and gas, construction industries).

Pressure pipeline repair technology of composite materials has long been proven to be very effective, however, it has become the most popular type only 5–10 years ago.

#### Results

Obvious market prospect composite repair work is:

- this repair is most effective in terms of price - quality ( low enough price , and the benefits that providing this type of repair is very important : the restoration of load-bearing capacity , corrosion resistance , etc.);
- as the use of composite materials do not require any special skills , the company as soon as terms can train your staff to this method of repair;

- do not require any special or heavy equipment therefore contain a fleet of equipment for repair teams do not have to;
- repairs can be carried out on the existing pipeline (reduced repair costs);
- refers to the constant repair ;

#### Conclusions

Benefits of pipeline repair composite materials:

- the possibility of holding the equipment in operation;
- low time costs;
- Increased service life of the equipment;
- stronger and lighter than steel;
- corrosion and wear resistance;
- the possibility of application on curved sections , tees , elbows, and areas with difficult access (for example, where distance from the pipe wall to a minimum);
- fully restored carrying capacity of the structure;
- cost of planned maintenance;
- does not require any special qualifications of personnel;
- no thermal effects ( as there is no welding - that security is much higher);
- engineering calculation in accordance with ISO TS 24817 and ASME PCC- 2 tbsp. 4.1.

for 20 years, ensures the reliability of repair;

- does not require special equipment while performing work;
- composite repair can be performed under water;
- a wide range of environments and temperatures;
- ecology;

Main benefits :

- low cost (relative to other methods of repair);
- low time costs (in relation to other methods of repair);
- versatility;
- a permanent method of repair;

Composite materials are in demand, primarily due to the following properties :

- easy;
- strength;
- cost-effective;
- corrosion resistance;
- durability.

#### Keywords

composite materials, composite materials repair market, the specific repair composite materials, piping repairs

#### References

1. *Remont truboprovodov polimernymi kompozitnymi materialami* [Repair of pipelines polymeric composite materials]. Available at: <http://lib.znate.ru/docs/>

index-197659.html (date accessed: 29.11.2012.).

2. Endryu Dzh. Patrik. *Kompozitnye materialy: konkretnye primery primeneniya dlya remontnykh rabot na*

*truboprovodakh* [Composite materials: concrete examples of applications for repair work on the pipelines]. Available at: [http://www.rogtectmagazine.com/PDF/Issue\\_004/11.pdf](http://www.rogtectmagazine.com/PDF/Issue_004/11.pdf).