



## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С СИЛИКАТНО-ЭМАЛЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ

**ГОРОДИЛОВА Кристина Евгеньевна**

Начальник коммерческого отдела  
ООО «Торговый дом «Завода  
эмалированных труб» («ЗЭТ»)

+7 (495) 932-95-95

+7 (925) 222-69-43

kristina.gorodilova@emalirovanie.ru

**Предлагаемое ООО «Завод эмалированных труб» («ЗЭТ») силикатно-эмалевое покрытие (СЭП) труб наносится на внутреннюю поверхность трубопроводов, что обеспечивает высокие защитные свойства изделий в условиях воздействия различных осложняющих факторов. Применение СЭП позволяет на порядок повысить устойчивость трубопроводов к формированию асфальтосмола-парафиновых отложений (АСПО), кислотной и щелочной коррозии, а также значительно расширить температурный диапазон работоспособности трубопроводов и увеличить сроки их эксплуатации. Благодаря этому существенно сокращаются расходы по основным статьям себестоимости добычи нефти, что обуславливает целесообразность применения промышленных и межпромышленных трубопроводов с СЭП.**

Технологические линии ООО «ЗЭТ» были созданы с учетом многолетнего опыта ЗАО «ЭМАНТ» по эмалированию труб и трубокдеталей, права на интеллектуальную собственность и технологическую документацию которого перешли нашему предприятию. Первая продукция была выпущена ООО «ЗЭТ» в марте 2015 года, и на сегодняшний день это единственное в России предприятие, осуществляющее нанесение внутреннего СЭП горизонтальным шликерным методом. Эта технология объединяет в себе преимущества вертикального шликерного или «мокрого» способа нанесения покрытия и горизонтального сухого эмалирования (фриттования). Использование горизонтального

шликерного метода обеспечивает высокую производительность нанесения покрытия, гарантирует его сплошность и равномерность толщины.

Оборудование ООО «ЗЭТ» позволяет наносить внутреннее СЭП на трубы и детали наружным диаметром от 57 до 720 мм, при необходимости покрытие может быть нанесено и на трубы меньшего диаметра. Производительность линии для труб 73х5,5 мм составляет 6,5 шт./ч, для труб 325х8 – 4 шт./ч, для труб 325х12 – 3,5 шт./ч. Вся продукция выпускается по собственным ТУ, на многие технологические операции, составы эмалей и изделия оформлены патенты.

Линия нанесения внутреннего СЭП включает в себя участки дробеструйной очистки труб, приготовления, нанесения и сушки шликера, участок обжига труб, оборудованный двумя индукционными печами мощностью по 400 кВт, а также участки закалки, контроля качества, маркировки и упаковки труб. Закалка трубы позволяет получить заданную структуру и необходимые свойства металлов, покрытых эмалью. Так, в рамках выполнения заказа для ООО «Нарьянмарнефтегаз» совместно с Группой «ЧТПЗ» на стали 18ХМФБ были синтезированы эмали, ударная вязкость которых составила 166 Дж/см<sup>2</sup>, предел прочности – 758 МПа. Для ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз» выпускаются патрубки эмНКТ группы прочности «Л». На предприятии работает заводская испытательная лаборатория, оснащенная новейшими приборами неразрушающего контроля.

**Рис. 1. Состав сметы затрат на добычу нефти по элементам**



### НАРУЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ

СЭП могут быть нанесены в комплекте с разными видами наружных (внешних) покрытий, например, с теплогидроизоляционным покрытием из пенополиуретана (ППУ) толщиной 23-80 мм и защитной полиэтиленовой (ПЭ) оболочкой толщиной 2-3 мм или оцинкованной оболочкой (ОЦ). Технология нанесения внешней ППУ изоляции и ПЭ/ОЦ защитной оболочки хорошо сочетается с нанесением внутреннего СЭП. Нанесенное по данной технологии покрытие может использоваться для обогрева магистральных трубопроводов с использованием скин-эффекта.

Также в качестве внешнего защитного покрытия ООО «ЗЭТ» предлагает использовать антикоррозионную цинксиликатную композицию ЗЭТ-ЦС-09-17, которая обеспечивает высокий уровень антикоррозионной защиты металлических поверхностей при их контакте с атмосферой, почвой, морской, пресной и питьевой водой, нефтью и нефтепродуктами. Эта композиция обладает высокой стойкостью к механическим повреждениям, а процесс ее нанесения схож с нанесением лакокрасочных материалов (ЛКМ), что обеспечивает удобство нанесения композиции в полевых условиях.

**АРТЕМЕНКО Елена Игоревна**

Директор по экономике и финансам

ООО «Торговый дом «Завода эмалированных труб» («ЗЭТ»)

+7 (3412) 65-90-95; +7 (929) 639-03-04

elena.artemenko@emalirovanie.ru

**АЛЕКСАНДРИН Александр Сергеевич**

Начальник отдела эмалирования и сварки трубодеталей

ООО «Торговый дом «Завода эмалированных труб» («ЗЭТ»)

+7 (3412) 65-90-95; +7 (929) 639-03-44

aas@emalirovanie.ru

**ЗАЩИТА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Внутренняя изоляция сварных соединений труб с СЭП осуществляется механизированным способом, без зазора или на подкладных кольцах (см. таблицу). Также была освоена технология врезки/сварки в эмалированный трубопровод участков на системе асимметричных сдвижных подкладных колец. Каждый из методов был опробован на практике и доказал свою эффективность.

Для оплавления эмали может использоваться индукционная установка или газовая горелка. В первом случае сварка труб производится в среде защитных газов с нанесением шликера машинкой УЦНШ-100 и обжигом эмали индукционной установкой. Возможно также использование мобильного комплекта Тундра-ТДК-11.

Во втором случае на концы труб наносится защитная паста и производится ручная дуговая сварка или сварка самозащитной порошковой проволокой с обжигом газовыми горелками на подкладных кольцах производства ООО «ЗЭТ». Благодаря тому, что эти кольца выполнены в цельноточном варианте, их использование позволяет эффективно защитить сварной шов и околшовую зону от агрессивного воздействия транспортируемых сред путем формирования единого слоя СЭП на соединяемых трубах и деталях.

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ  
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЭП**

В нефтяной и газовой промышленности трубы с СЭП могут использоваться в системах нефтедобычи, транспортировки нефти и нефтепродуктов, водоводах и паропроводах. Перед принятием решения о внедрении этих изделий технические службы нефтяных компаний часто просят ООО «ЗЭТ» обосновать целесообразность их применения на конкретных месторождениях, а также осуществить подбор марок эмали для СЭП с учетом температурных условий, абразивных особенностей среды и действия различных осложняющих факторов.

Для решения этой задачи была разработана методика оценки и расчета возможного положительного эффекта от применения труб с СЭП производства ООО «ЗЭТ». Данная методика создавалась по материалам из открытых источников и носит оценочный характер, но в дальнейшем может быть доработана до более целостного продукта.

Анализируя сметы затрат на добычу нефти и калькуляции себестоимости нефтедобычи, в рамках методики мы показали возможность снижения себестоимости добываемой и транспортируемой нефти, повышения надежности систем, участвующих в процессе добычи и транспортировки углеводородов, а также снижения затрат на эксплуатацию этих систем.

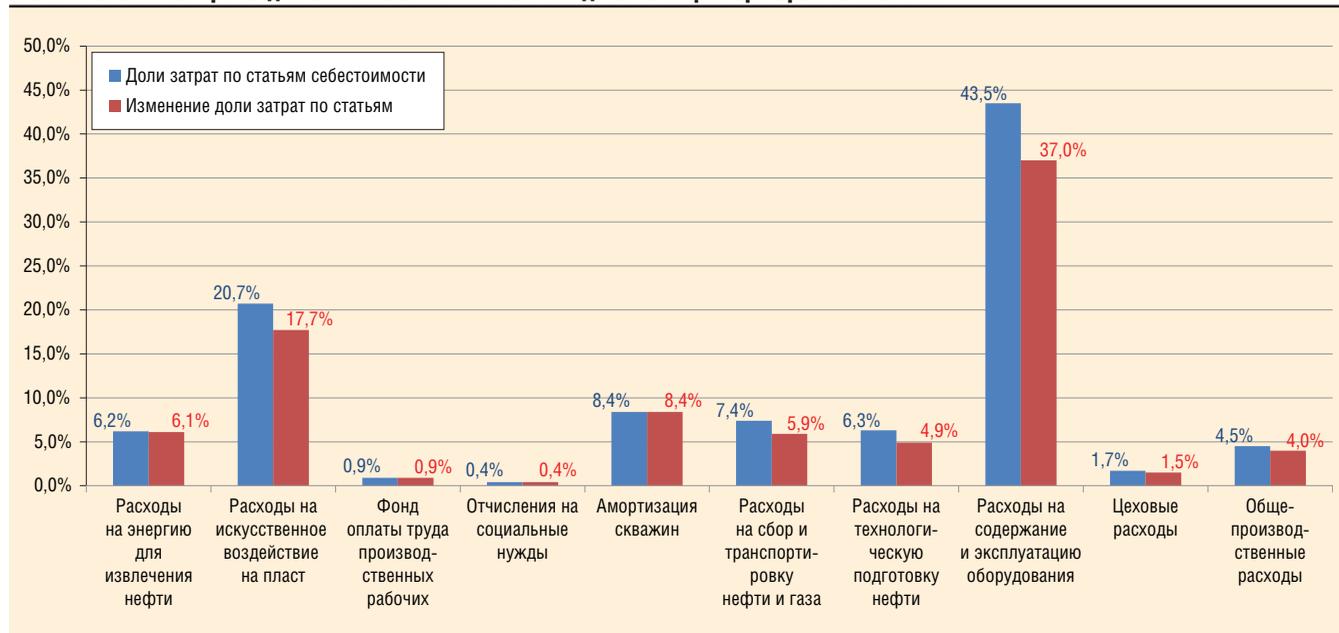
В соответствии с поэлементной сметой затрат на добычу нефти (рис. 1) доля материальных затрат в общей себестоимости составляет 3,9%, включая приобретение всех материалов, запчастей и комплектующих. Оценочная доля линейной трубы в общей стоимости материалов не превышает 50%, поэтому удорожание трубы представляется не столь значимым по сравнению с положительным эффектом от ее применения, который заключается в значительном снижении эксплуатационных расходов.

К основным статьям, формирующим себестоимость нефтедобычи, на которые может влиять применение труб с СЭП, относятся расходы на транспортировку нефти, содержание и эксплуатацию скважинного оборудования, расходы на энергию для извлечения нефти и затраты на искусственное воздействие на пласт (рис. 2).

Исходя из этого, мы определили основные факторы, которые помогают снизить расходы за счет применения СЭП и таким образом обосновывают применение последних. В первую очередь к этим факторам относится устойчивость СЭП к отложению минеральных солей, формированию АСПО и других органических отложений, обусловленная нейтральностью силикатной эмали и малым значением удельного усилия сдвига отложений относительно поверхности СЭП. Данный фактор следует учитывать при формировании расходов на сбор и транспортировку нефти, поскольку использование СЭП позволяет не только сохранить, но и увеличить скорость потока. Так, согласно расче-

**Рис. 2. Калькуляция себестоимости добычи нефти**

Рис. 3. Изменение расходов по статьям себестоимости добычи нефти при применении СЭП



там, проведенным в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, пропускная способность трубопровода при использовании СЭП возрастает до 30% за счет гладкости и химической нейтральности поверхности. По нашим оценкам, увеличение пропускной способности составляет не менее 10%, но даже такой порядок приводит к заметному снижению энергозатрат и уменьшению необходимого количества перекачивающих агрегатов, а следовательно, сокращению затрат на их эксплуатацию.

Второе, не менее важное преимущество при использовании изделий с СЭП состоит в возможности их эксплуатации в широком температурном диапазоне – от -60 до +350°С. При эмалировании производится

нормализация и, как следствие, происходит повышение ударной вязкости и пластичности металла. За счет этого снижается внутреннее напряжение трубы, что особенно актуально для районов Крайнего Севера и регионов, приравненных к ним по климатическим условиям. В условиях высоких температур использование трубопроводов с СЭП позволяет заметно увеличить срок их службы.

Следующий фактор состоит в высокой устойчивости изделий с СЭП к кислотной и щелочной коррозии, в том числе к коррозионному разрушению под действием сероводорода, уголекислоты и минеральных кислот, а также разрушению под воздействием кавитации. В связи с этим при добыче в усло-

Таблица

Методы внутренней изоляции сварных соединений труб с СЭП		
Механизированный	Без зазора	На подкладных кольцах
Сварка труб в среде защитных газов	Нанесение защитной пасты на концы труб	Нанесение защитной пасты на кольцо и концы труб
Нанесение шликера машинкой УЦНШ-100	Сварка труб ручная дуговая или самозащитной порошковой проволокой	Сварка труб ручная дуговая или самозащитной порошковой проволокой
Обжиг эмали индукционной установкой	Обжиг эмали индукционной установкой или газовыми горелками	Обжиг эмали индукционной установкой или газовыми горелками

виях высоких температур, агрессивной среды и высокого газового фактора (Гф) могут применяться исключительно изделия с СЭП, поскольку ни одно другое органическое покрытие не выдержит одновременного влияния такого же количества осложняющих перекачку факторов. Согласно справочным данным, срок службы СЭП в средах с содержанием серной, соляной и азотной кислот до 20% составляет не менее 18 лет.

Кроме того, трубы с СЭП позволяют уменьшить металлоемкость конструкции на 10-40%, что, в свою очередь, снижает не только стоимость приобретаемой

трубы, но и позволяет сократить расходы на логистику на всех этапах ее перемещения.

Все перечисленные факторы приводят к заметному снижению себестоимости добычи нефти (рис. 3), что подтверждается данными, полученными в ходе поставок.

Поскольку к основным целям любой нефтяной компании, наряду с получением прибыли, относится снижение затрат на сырье, в том числе за счет снижения затрат при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации трубопроводов, специалисты ООО «ЗЭТ» готовы оказывать всестороннее содействие в решении данного вопроса. ♦

## ВЫДЕРЖКИ ИЗ ОБСУЖДЕНИЯ

**Вопрос:** *Кристина Евгеньевна, возможно ли нанесение СЭП в полевых условиях?*

**Кристина Городилова:** Да, это возможно на локальных участках в ремонтных целях при помощи специального переносного комплекса, и у нас уже есть такой опыт.

**Вопрос:** *Какие марки сталей подходят для нанесения СЭП?*

**К.Г.:** В случае линейных трубопроводов и насосно-компрессорных труб (НКТ) это будут разные марки сталей, рекомендуемый список мы можем предоставить по запросу.

**Вопрос:** *Вы отметили, что нанесенное вами СЭП отличается абсолютной сплошностью. При каком напряжении проводились эти испытания?*

**К.Г.:** Испытательное напряжение составляло 2 кВ. При производстве установок для работы с плазмой покрытие держит 5 кВ и даже выше, но и покрытие там толще, чем на трубах.

**Вопрос:** *Можно ли использовать скребкование для удаления АСПО с внутренней поверхности НКТ, покрытой СЭП? Если да, то какие скребки лучше при этом использовать?*

**К.Г.:** Да, скребкование допускается, и такой опыт есть, например, в ООО «РН-Северная нефть». Опытным путем мы выяснили, что лучше использовать эмалированные скребки, поскольку металлические скребки истираются об эмаль.

**Вопрос:** *Получается, что при использовании НКТ с СЭП нет возможности полностью отказаться от скребкования?*

**К.Г.:** Это во многом зависит от содержания АСПО в продукции. В сильно осложненных условиях, к которым относятся месторождения ООО «РН-Северная нефть» за счет внедрения НКТ с СЭП отказаться от скребкования полностью не получается, зато можно на порядок сократить количество скребкований.

**Вопрос:** *В ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» мы столкнулись с тем, что при накручивании НКТ с СЭП происходит осыпание и охрупчивание покрытия. С чем это может быть связано?*

**К.Г.:** Осыпание покрытия, которое обычно происходит напротив 3-5 витков резьбы, скорее всего, связано с нарушением допустимого момента свинчивания НКТ, указанного в сертификате на нашу продукцию. При высоких и сложных деформациях СЭП, действительно, может осыпаться на резьбе.

Но следует отметить, что данная проблема отсутствует на резьбах типа НКМ, в которых нагрузка и напряжения равномерно распределены между виткам. Совместно с грандами нашей отечественной промышленности мы можем предложить резьбы, аналогичные некоторым видам премиальных. Целесообразность использования премиальных резьб в осложненных условиях доказана общемировой практикой. В случае применения нашего покрытия, которое невольно выполняет роль индикатора в момент свинчивания, также уместно использовать более сложные типы резьб или хотя бы высаженные наружу концы труб.

**Вопрос:** *Каким образом защищаются первые витки резьбы и торец НКТ после нанесения СЭП?*

**К.Г.:** По желанию заказчика защита осуществляется при помощи стримеров. Также мы проработали вариант протекторной металлизации.

**Вопрос:** *Есть ли данные о том, как ведет себя СЭП при сгибе трубопровода?*

**К.Г.:** Да, весь диапазон усилий и изгиба, входящих в зону упругих деформаций, эмаль выдерживает без разрушений, пластическая деформация недопустима и для черных труб, и для труб с покрытиями. Кроме того, мы проводили лабораторные испытания, в ходе которых наносили СЭП на пластины и сгибали их на 180°. В результате покрытие растягивалось и оставалось целостным, также как и при изгибании пластины в обратное положение.