

# Эпоксидные материалы для бестраншейного ремонта трубопроводов.

В.А. Бобылев, В.И. Корольков  
ЗАО «ХИМЭКС Лимитед»  
«Лакокрасочная промышленность» №5 2010 год

*В последние годы становятся все более разнообразными области применения промышленных ЛКМ. Так, в сфере реконструкции и ремонта городских коммунальных систем водоснабжения и канализации появилось новое перспективное направление, получившее название бестраншейной технологии. Новая технология является прекрасной альтернативой открытому способу прокладки, ремонта и реконструкции подземных трубопроводов любого назначения, поскольку по большинству характеристик (экономичности, оперативности, соответствию экологическим требованиям и др.) обладает существенными преимуществами.*

Под бестраншейным восстановлением подразумевается ряд операций, позволяющих полностью восстановить или заменить новым пришедший в негодность трубопровод. Технологические операции разнообразны и заключаются, например, в протяжке в старый трубопровод новых труб из различных материалов, нанесении на внутреннюю поверхность изношенного трубопровода защитных покрытий, либо полностью восстанавливающих его несущую способность, либо локализирующих различные дефекты (свищи, трещины, нарушения в стыках и др.), что предотвращает явления инфильтрации и эксфильтрации.

Реализация бестраншейных технологий предусматривает широкое использование различных ремонтных материалов - смол, компаундов, клеевых композиций, полимерных покрытий, обладающих специфическими свойствами, необходимыми для реализации данной технологии. Знание типов и характеристик этих материалов и условий их применения необходимо для эффективного проектирования и организации работ по бестраншейному ремонту и реконструкции трубопроводов [ 1-9]

На сегодняшний день зарубежная и отечественная практика насчитывает свыше двадцати основных методов бестраншейного восстановления трубопроводов, однако в данной статье рассматривается лишь один из них — использование гибкого комбинированного рукава (чулка), позволяющее формировать на основе композиционных материалов новую трубу внутри старой. Подробное рассмотрение технологии введения в поврежденный участок трубы армированных полимерных оболочек не входит в задачу данной публикации. Отметим лишь, что в качестве связующего обычно используются отверждаемые полиэфирные или эпоксидные олигомеры. Первые из них в нашей стране более распространены для бестраншейной технологии ремонта труб, по-видимому, из-за экономических соображений. Однако сфера применения таких композиций ограничивается только канализационными трубами, в то время как эпоксидные связующие можно применять и для ремонта водопроводных систем. Кроме того, отвержденные эпоксидные композиции предпочтительнее с точки зрения большинства эксплуатационных характеристик и долговечности.

ЗАО «ХИМЭКС Лимитед» на протяжении 15 лет выпускает композицию «Эпофом-1С», которая в соответствии с разработанными технологиями успешно используется для ремонта систем холодного водоснабжения и канализации во многих городах России и ближнего зарубежья. Пленкообразующая основа «Эпофом-1С» представляет собой композицию эпоксидных диановых смол и пластификаторов. В качестве отвердителей применяют продукты на основе третичных аминов. Водопроводные системы восстанавливают методом рукавного покрытия с использованием гибкого комбинированного рукава, который пропитывают составом «Эпофом-1С» с отвердителем, вводят в ремонтируемую трубу и прогревают. В результате на внутренней поверхности трубы формируется комбинированное полимерное покрытие. Свойства покрытия на основе композиции «Эпофом-1С» приведены ниже:

Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	35-43
Относительное удлинение при разрыве, %	6-10
Модуль упругости при растяжении, МПа	800-900
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	65-67
Модуль упругости при изгибе, МПа	1500-1700
Напряжение (номинальное) при сжатии, МПа	95-105
Относительная деформация при сжатии, %	16-17
Модуль упругости при сжатии, МПа	600-620
Твердость, Н/мм <sup>2</sup>	45-53
Удельная ударная вязкость, кг•см/см <sup>2</sup>	18-21

Испытания показали, что отвержденный рукавный материал на основе композиции «Эпофом-1С» обладает хорошей химстойкостью к воздействию различных сред: воды, разбавленных растворов щелочей, минеральных кислот, дизельному топливу при комнатной и повышенной температуре (80 °С), а также высокой абразивостойкостью при воздействии водных дисперсий песка (табл. 1).

Таблица 1  
Химстойкость отвержденного рукавного материала на основе композиции «Эпофом-1С»

Среда	Температура, °С	Изменение показателя после испытания, %		
		массы	прочности при сжатии	модуля упругости при сжатии
Серная кислота 10%-ная	20	-1,2	2	11
	80	-1,2	-21,0	-8
Соляная кислота 10%-ная	20	-0,9	3	-7
	80	-0,4	-22	-5
Единый натр 10%-ный	20	-0,9	8	12
	80	-3,5	-13	0
Дизельное топливо	20	-0,4	28	22
	80	-0,5	-15	5

Состав не содержит летучих токсичных компонентов, обеспечивает качественную пропитку нетканого полимерного материала и длительный срок хранения рукава (до 3 сут) в неотвержденном состоянии при нормальных условиях и до 5 сут. при охлаждении. Введенный в трубу рукав быстро отверждается горячей водой.

Отвержденный состав представляет собой механически прочный и экологически безопасный материал, прошедший длительную проверку (более 10 лет) в условиях эксплуатации систем водоснабжения и канализации. Цикл работ производится без демонтажа и подъема трубопровода на поверхность. Применение рукавной технологии особенно выгодно, а в некоторых случаях является единственной возможностью при восстановлении трубопроводов, используемых в городском хозяйстве и на внутризаводских технологических схемах. Особые преимущества предлагаемая технология имеет в условиях Крайнего Севера, а также при большой глубине залегания труб и их сложной геометрии.

Первый опыт применения состава «Эпофом-1С», выпускаемого ЗАО «ХИМЭКС Лимитед», в 1993-1994 гг. компанией «Санлайн» показал, что предлагаемый технологический процесс может успешно конкурировать с применявшимися в то время полиэфирными связующими, в основном датского производства. Санированные в тот период трубы служат до настоящего времени и находятся в удовлетворительном состоянии. Кризис 1998 г. способствовал широкому внедрению отечественного материала при ремонте канализационных сетей в центре С.-Петербурга и технологических трубопроводов на ряде предприятий. В настоящее время группа компаний «СОТ» (Ярославль), УК

«ПРИСС» и ООО «ВИС» (С.-Петербург) широко применяют эпоксидное связующее «Эпофом-1С» для санации канализационных трубопроводов. Однако при переходе от труб небольшого диаметра (200—300 мм) к трубам диаметром 700—1500 мм возникали проблемы, связанные с прочностными характеристиками композиционного материала из-за усадки после отверждения. Поэтому для расширения возможностей применения разработанного материала потребовалось выполнение специальной исследовательской работы. Целью данной работы было изучение

- прочностных характеристик изделий на основе «Эпофом-1С» в зависимости от толщины отверждаемого рукава;
- влияния природы и количества отвердителя, а также режима отверждения на усадку изделия;
- влияния на вышеперечисленные свойства состава композиции

Прочностные характеристики определяли на образцах, предоставленных компанией «СОТ». Исследования были проведены в НПО «Прометей» и СПбГАСУ. Было показано, что увеличение толщины отверждаемого рукава от 7 до 25 мм не приводит к желаемому повышению прочности. Более того, наружные слои рукава уступают в несколько раз по прочности внутренним слоям, что может вызывать растрескивание изделий.

Усадку материала оценивали по изменению объема образца до и после отверждения. Показано, что усадка не зависит от времени прогрева и количества отвердителя, но на ее величину влияет время выдержки композиции с момента введения отвердителя до начала прогрева. Количеством отвердителя на основе третичных аминов в композиции можно регулировать время отверждения смолы, но это не сказывается на физико-химических свойствах отвержденного изделия.

Было также изучено влияние состава композиции на усадку и прочность изделия. При этом основное внимание было уделено выбору эпоксидной смолы, обеспечивающей наилучшие физико-механические свойства. Для этого методами сплавления или смешения были получены образцы олигомеров с различной средней молекулярной массой, вязкость которых возрастала с ее увеличением. Среди образцов с технологически приемлемой вязкостью (3—6 Па • с) была выбрана смола, обеспечивающая минимальную усадку при оптимальном режиме отверждения. Было показано, что наилучшими свойствами обладают образцы с наиболее высокой средней молекулярной массой.

В результате проведенных исследований была разработана композиция ХТ-170, основные характеристики которой представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Характеристика композиций «Эпофом-1С» и ХТ-170

Наименование показателя	Эпофом 1с	ХТ-170
Внешний вид и цвет	Вязкая жидкость от светло-желтого до коричневого цвета	
Массовая доля эпоксидных групп, %, не менее	15	13,5
Динамическая вязкость при 25°С, Па•с	3-6	4-6
Время желатинизации при 25°С, мин, не более	140	140

Изделия, полученные с ее использованием с учетом нижеперечисленных рекомендаций, дают усадку не более 1-2 % и выдерживают давление до 35 атм в отличие от материала «Эпофом-1С», усадка которого составляет 6-7 %. Механические и физико-химические свойства материалов на основе ХТ-170 и «Эпофом-1С» аналогичны. Нельзя не отметить существенное повышение прочности полимерного состава на сжатие (показатель «номинальное напряжение при сжатии» составляет 175-177 МПа, что почти в 2 раза превышает таковой

для состава «Эпофом-1С»). Таким образом, на основе проведенной работы были сделаны следующие выводы:

- длительный опыт работы и эксплуатации восстановленных трубопроводов показывает высокую технологичность применяемых эпоксидных связующих и отличную коррозионную стойкость готовых изделий;
- для получения изделий с высокими механическими показателями следует использовать эпоксидные композиции на основе смол с более высокой средней молекулярной массой по сравнению с традиционными низкомолекулярными эпоксидными олигомерами;
- для увеличения прочности изделия не следует увеличивать толщину рукава, так как это лишь удорожает изделие, но не приводит к желаемому результату. Более того, в некоторых случаях такое повышение может являться причиной брака.

#### Литература

1. Орлов В.А. *Бестраншейная реконструкция и техническое обслуживание водопроводных и водоотводящих сетей.* М.: Изд-во МГСУ, 1998.
2. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. *Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей.* М.: Изд-во ТИИР (Траншейной Ассоциации), 2000.
3. Орлов В.А., Харьков В.А. *Стратегия и методы восстановления подземных трубопроводов.* М.: Стройиздат, 2001.
4. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. *Бестраншейные методы восстановления трубопроводов.* М.: Изд-во «Прима-Пресс», 2002.
5. Храменков С.В., Орлов В.А., Харьков В.А. *Оптимизация восстановления водоотводящих сетей.* М.: Стройиздат, 2002.
6. Храменков С.В., Орлов В.А., Харьков В.А. *Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами.* М.: Изд-во АСВ, 2004.
7. Храменков С.В. *Стратегия модернизации водопроводной сети.* М.: Стройиздат, 2005.
8. Орлов В.А., Орлов Е.В. *Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными методами.* М.: Изд-во ИНФРА-М, 2007.
9. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. *Реконструкция трубопроводных систем.* М.: Изд-во АСВ, 2008. 216 с.