

# ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОФОБИЗИРОВАННЫХ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Ф.М. Мустафин

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

Подземные магистральные трубопроводы работают в специфических коррозионных условиях, что обуславливает необходимость противокоррозионной защиты. Почвенная коррозия является одним из серьезных факторов в определении условий эксплуатации трубопроводов. Около 45% всех аварий на трубопроводах происходит по причине коррозии [1,2]. Поэтому, эффективность противокоррозионной защиты в значительной степени определяет надежность трубопровода. Выбор вида защиты диктуется технико-экономическими соображениями. При разработке проектов принимается во внимание наличие или отсутствие блуждающих токов, коррозионная агрессивность грунтов, вид противокоррозионной изоляции и ее состояние, наличие источников электроэнергии, размеры единовременных затрат и эксплуатационных расходов. Задача установления срока службы различной противокоррозионной изоляции стальных трубопроводов является весьма трудной, так как зависит от многих причин. Главные из них - качество изоляции и её взаимодействие с окружающей грунтовой средой. На качество изоляции влияет качество материалов, качество очистки труб, выполнение изоляционных работ, осуществление мероприятий по защите изоляции от повреждений в процессе изоляционно-укладочных работ и в процессе эксплуатации трубопровода.

В процессе старения изоляции, диэлектрические свойства ее ухудшаются и, как следствие, защитная зона установок электрохимической защиты уменьшается. Для обеспечения требуемой степени защиты трубопроводов от коррозии увеличивают мощность действующих установок электрохимической защиты, и добавляют, где это необходимо, новые установки.

Необходимость ремонта возникает тогда, когда защитные свойства изоляции снижаются настолько, что увеличение мощности существующих установок электрохимической защиты и продолжение строительства дополнительных установок становится экономически невыгодным [3, 4].

Долговечность полимерных и битумных материалов, находящихся в грунтовой среде, оценивается около 40 лет, а срок службы изоляционных покрытий трубопроводов из этих материалов составляет около 15÷20 лет. Напрашивается вывод, что при существующих условиях эксплуатации изоляционные покрытия трубопроводов необходимо защищать от воздействия с окружающей грунтовой средой с целью увеличения срока службы до нормативной.

Основными причинами возникновения дефектов в изоляционных покрытиях трубопроводов являются: несоблюдение технологии нанесения,

механические повреждения при засыпке трубопроводов, смерзание изоляции с грунтом, механические повреждения при взаимодействии с грунтом в период эксплуатации (растрескивание, гофрообразования и т.д.), физико-химическое воздействие грунта, приводящее к выпотеванию и вымыванию пластификаторов.

Ликвидация возможности возникновения дефектов изоляции из-за несоблюдения технологии нанесения может решаться организационными мероприятиями.

Ликвидация других причин может решаться изменением способа прокладки трубопроводов, например, прокладкой в каналах и коллекторах, что значительно увеличивает стоимость работ.

Наиболее экономичным методом увеличения срока службы изоляции подземных трубопроводов является прокладка трубопроводов в обсыпке из гидрофобизированных грунтов.

Натурные полигонные исследования основного критерия оценки качества изоляции переходного сопротивления труба-земля показывают, что защитные свойства изоляционных покрытий трубопроводов при обсыпке гидрофобизированным грунтом уменьшаются значительно медленнее, чем при обсыпке обычным минеральным грунтом.

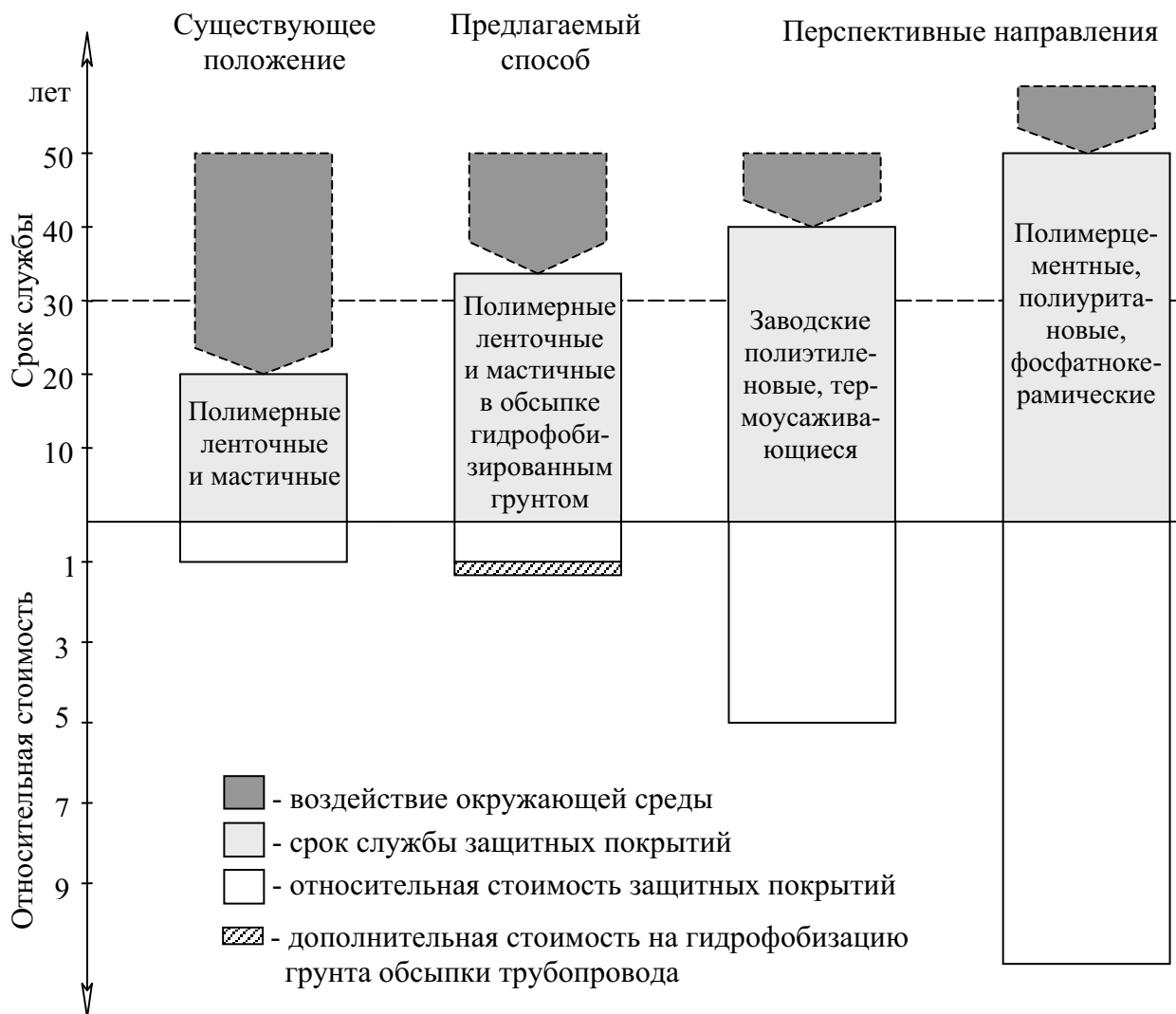
При этом показатель скорости старения изоляционных покрытий по рекомендациям различных источников составляет 0,125 1/год, по расчетам, согласно требований ГОСТ Р 51164–98, он составляет примерно 0,1 1/год, для трубопроводов с обсыпкой гидрофобизированным грунтом он составляет 0,08 1/год.

Благодаря улучшенным физико-механическим свойствам гидрофобизированных грунтов (низким значениям газопроницаемости, фильтрации, водонасыщения, коррозионной активности, набухания, высоким значениям коэффициента водоустойчивости и сцепления) переходное сопротивление образцов изолированных труб уменьшается незначительно. Кроме того, уменьшение газопроницаемости, фильтрации, водонасыщения и коррозионной активности грунтов обсыпки трубопровода приводит к сокращению выпотевания и вымывания пластификатора и других компонентов из изоляционных материалов.

Таким образом, обсыпка изолированного трубопровода гидрофобизированными грунтами защищает изоляцию от механических повреждений при засыпке и создает защитную оболочку (или экран), препятствующую отрицательному воздействию окружающей среды на защитные свойства изоляции. При этом значительно увеличивается срок службы изоляции, что позволяет эксплуатировать трубопроводы без переизоляции и капитального ремонта весь нормативный срок 30 и более лет.

На гистограмме, представленной на рис. 1, показано соотношение стоимости и срока службы различных защитных покрытий трубопроводов с учётом воздействия окружающей среды. Широкое применение полимерных ленточных и мастичных защитных покрытий в нашей стране обусловлено их сравнительно невысокой стоимостью, но, как правило, требует производства

ремонта изоляции в период эксплуатации. Применение в качестве обсыпки трубопровода гидрофобизированных грунтов увеличивает срок службы защитных покрытий до нормативного значения. Экономические расчёты показывают, что затраты на гидрофобизацию грунта более чем в 100 раз ниже, чем затраты на переизоляцию трубопровода в период эксплуатации.



**Рис. 1. Гистограмма соотношения стоимости и срока службы защитных покрытий трубопроводов с учетом воздействия окружающей среды**

Применение заводских полиэтиленовых и термоусаживающихся защитных покрытий с каждым годом возрастает. Они применялись при строительстве нефтепровода Каспийского трубопроводного консорциума, используются в нефтяной компании «ЛУКОЙЛ», планируется внедрение в системе АК «Транснефть». Но на сегодняшний день расширение применения ограничивается высокой стоимостью и их доля составляет менее 10%. Разработанные за рубежом полимерцементные, полиуритановые, фосфатно-керамические и др. защитные покрытия можно рассматривать как весьма перспективными при возможности значительного снижения стоимости.

Поэтому с точки зрения экономической целесообразности наиболее приемлемым на сегодняшний день является применение полимерных ленточных и мастичных покрытий в обсыпке из гидрофобизированных грунтов.

В качестве вяжущего вещества для гидрофобизации грунта используется вяжущее магистральных трубопроводов выпускаемое по ТУ 0258-001-02080196–2000 «Вяжущее нефтяное летнее ВМТ-Л».

Дополнительным мероприятием по повышению надёжности эксплуатации трубопроводов является использование новых конструкций и технологий нанесения полимерных лент и обёрток с двусторонним липким слоем, повышающих адгезию в нахлёсте более чем в 5 раз и уменьшающих водопроницаемость более чем в 2 раза в зависимости от вида и фирмы производителя изоляции.

В настоящее время многие магистральные и промысловые трубопроводы, введенные в эксплуатацию в прошлые годы, требуют ремонта. В связи с этим ежегодно растут необходимые затраты на проведение ремонтных работ. Ориентировочные подсчеты показывают, что для обеспечения требуемого уровня надежности трубопроводов необходимо увеличить более чем в 5 раз ежегодные объемы работ по капитальному ремонту линейной части [1, 5].

Обзор существующих методов капитального ремонта трубопроводов показал, что на сегодняшний день мощность ремонтных подразделений и темпы ремонтных работ не в состоянии обеспечить потребность отрасли в капитальном ремонте трубопроводов. Поэтому задача создания технологии ремонта трубопроводов, обеспечивающая существенное ускорение темпов ремонтных работ, снижение материальных и трудовых затрат при сохранении высокой надежности стала актуальной.

Ограничения по использованию битумно-мастичных покрытий вызваны их значительным водопоглощением и крайне узким температурным диапазоном применения.

По своему химическому составу долговечность битумных покрытий изменяется незначительно. Химические изменения существенно не влияют на защитные свойства покрытий. При длительном хранении в битумах практически не изменяется количество парафинонафтеновых, средних и легких ароматических углеводородов; незначительно уменьшается количество смол II и тяжелых ароматических углеводородов; увеличивается содержание смол I и асфальтенов. При этих химических изменениях увеличивается температура размягчения и кипения битумов, что при эксплуатации трубопроводов не влияет на защитные свойства покрытий. Увеличение же содержания асфальтенов в битумах улучшает химический состав покрытия. Ведь, как известно, асфальтены придают битумам гидрофобные водоотталкивающие свойства.

Потеря защитных свойств битумных покрытий за период эксплуатации происходит в основном за счет микротрещин, образующихся на поверхности изоляции. За счет этого уменьшается значительная толщина покрытия, в микротрещины проникает влага и электролиты. При этом адгезия же битумного покрытия к трубе на большинстве участков трубопроводов удовлетворяет

требованиям ГОСТ Р 51164–98. Исключение составляют «горячие» участки, и участки на которых не были соблюдены все технологические требования изоляционно-укладочными колоннами при строительстве.

Опыт практического применения полимерных ленточных покрытий показал, что помимо низкой ударной прочности, к существенным недостаткам полимерных ленточных покрытий следует отнести их склонность к растрескиванию под напряжением и недостаточно высокую адгезию к праймированной стали. Из-за низкой адгезии и «ползучести» на боковой поверхности труб большого диаметра под воздействием оседающего грунта на покрытия могут образовываться гофры и складки, а длительная деформация покрытия на участках верхней образующей трубы вызывает его растрескивание и разрушение.

Например, состояние изоляционного покрытия вновь построенного трубопровода КТК на некоторых участках при контроле качества методом катодной поляризации оценено как неудовлетворительное, хотя мы знаем, что такой постановки системы производственного контроля за строительными работами в России ещё не было.

Поэтому ещё раз можно сделать вывод о том, что необходима защита изоляционных покрытий трубопроводов от всех негативных факторов окружающей среды, например, дополнительной обсыпкой трубопроводов гидрофобизированными грунтами.

С течением времени при старении в полимерных изоляционных покрытиях уменьшается относительное удлинение при разрыве, несколько увеличивается сопротивление разрыву, значительно увеличивается водопоглощение и водопроницаемость. Опыт эксплуатации и обследования подземных трубопроводов показал, что основной причиной, вызывающей необходимость замены различных изоляционных покрытий, является уменьшение основного критерия оценки качества изоляционных покрытий переходного электросопротивления «труба-земля» и на отдельных участках потеря сплошности. В то же время механическая прочность и адгезия покрытий на большинстве участков трубопроводов малого и среднего диаметров удовлетворяет требованиям нормативных документов.

Таким образом, ориентировочные расчеты показывают, что около 20...30% трубопроводов, требующих переизоляции, не рационально ремонтировать традиционными методами.

Существенного улучшения технико-экономических показателей можно добиться при выборочном ремонте изоляции трубопроводов методом восстановления на участках протяженностью до 1 км, где экономически нецелесообразно использование механизированных изоляционно-укладочных колонн.

Для определения возможности восстановления защитных свойств изоляционных покрытий предлагается обрабатывать их органическими вяжущими для магистральных трубопроводов ВМТ, а также другими

специальными материалами на основе остатков нефтепереработки и нефтехимии.

В процессе проведенных экспериментальных исследований установлено, что после обработки старого изоляционного покрытия органическими вяжущими значительно увеличивается переходное сопротивление и улучшаются другие основные защитные свойства изоляции, при этом легкие фракции продукта испаряются, а темные нефтепродукты сплошной пленкой покрывают поверхность изоляции, проникают в микротрещины и затягивают их.

Преимущество данного метода ремонта возникает из-за того, что максимально сохраняются и используются защитные свойства старого изоляционного покрытия. Обработка старой изоляции органическими вяжущими увеличивает их защитные свойства и они достигают значений, удовлетворяющих требованиям нормативных документов при минимальных затратах.

Преимуществами ремонта изоляции трубопроводов методом восстановления по сравнению с традиционными методами являются:

- сокращение стоимости ремонтных работ при сохранении высокой надежности и долговечности;
- снижение трудоемкости работ и ускорение темпов строительства;
- сокращение объема транспортных работ;
- экономия дефицитных изоляционных материалов; очистных изоляционных машин;
- использование защитных свойств старого изоляционного покрытия и продления его срока службы;
- исключение загрязнения почвы продуктами очистки;
- повышение защитных свойств изоляции путем обсыпки трубопроводов гидрофобизированными грунтами с пониженной коррозионной активностью.

Ремонт изоляционных покрытий методом восстановления может применяться на трубопроводах, проложенных подземно и в насыпи, диаметром до 1400 мм с битумным или полимерным покрытием, причем адгезия изоляции должна удовлетворять требованиям нормативных документов, должны отсутствовать отслоение изоляции и продукты коррозии на поверхности металла труб. Значение переходного сопротивления и сплошности изоляционных покрытий не являются существенными при ремонте методом восстановления, так как эти показатели при обработке изоляции органическими вяжущими значительно повышаются и достигают значений удовлетворяющих требованиям нормативных документов.

Максимальная реализация преимуществ данного метода ремонта может проявиться при производстве профилактического (смена изоляции) и выборочного капитального ремонта изоляции трубопроводов.

Как известно, для увеличения надежности эксплуатации и защиты изоляции строящихся и ремонтируемых трубопроводов от механических повреждений необходима обсыпка трубопроводов мягким грунтом. Для увеличения долговечности изоляционных покрытий необходима защита от

негативного действия окружающей среды. Для уменьшения опасности коррозии трубопроводов необходима деаэрация электролита почвы, гидрофобизации грунта, замена грунта не менее коррозионно-агрессивный. Для предотвращения смерзания изоляции с грунтом необходима специальная обработка грунта. Для уменьшения опасности биокоррозии необходима обработка ядохимикатами. Для закрепления трубопроводов на проектных отметках необходима балластировка. Одним из возможных методов совместного решения этих задач является применение обсыпки трубопроводов гидрофобизированными грунтами.

Опыта длительной эксплуатации трубопроводов с заводской полиэтиленовой изоляцией накоплено на сегодняшний день в нашей стране ещё незначительно. Но этот вид защиты трубопроводов считается наиболее надёжным и перспективным. Однако, как показывает практика использование труб с заводской изоляцией незначительно уменьшает количество дефектов в покрытии в строительный период.

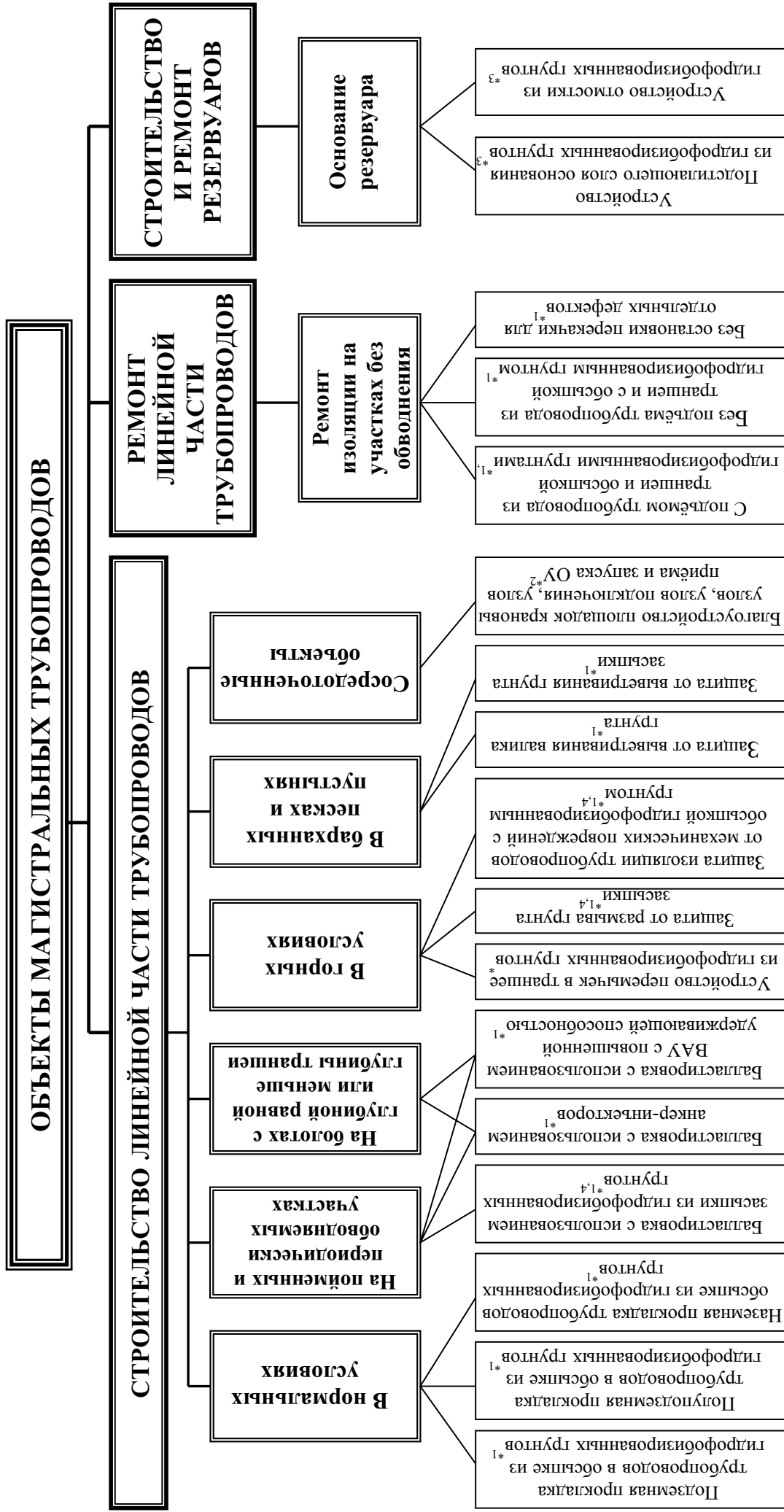
Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов и нефтепроводов предусматривают широкий круг мероприятий в рамках технического обслуживания и ремонта для поддержания линейной части на высоком уровне надёжности.

Для обеспечения надёжности эксплуатируемых газонефтепроводов эффективным является применение одного из видов технической мелиорации грунтов – искусственное улучшение инженерно-геологических и специальных свойств грунтов добавками органических вяжущих в окружающий грунт и воздействием на защитные изоляционные покрытия.

Методы технической мелиорации грунтов широко применяются в трубопроводном строительстве [5, 6]. Применение вяжущего ВМТ-Л для закрепления грунтов при балластировке и берегоукреплении магистральных трубопроводов подробно рассмотрено Л.А. Бабиным, Л.И. Быковым, С.К. Рафиковым, Ю.И. Спектором и др. Определены оптимальные условия приготовления закрепленных грунтов, разработаны конструкции балластных призм и берегоукрепления, систематизированы варианты технологии производства работ при балластировке трубопровода и берегоукреплении.

С учётом опыта применения технической мелиорации грунтов в трубопроводном строительстве предлагается классификация использования гидрофобизированных грунтов на объектах трубопроводного транспорта, представленная на рис. 2.

С участием автора разработаны и проведены опытно-промышленные и промышленные работы с применением органических вяжущих веществ по ремонту изоляционных покрытий, по балластировке трубопроводов с использованием засыпки из гидрофобизированных грунтов, созданию защитной обсыпки (экрана) из гидрофобизированных грунтов, по защите размываемых грунтовых засыпок траншеи на горных участках, по благоустройству площадок линейных кранов.



Примечания: \*1 — Получены патенты на изобретения;

\*2 — Разработаны проекты и переданы в производство;

\*3 — Находятся на стадии разработки рабочего проекта;

\*4 — Внедрены в производство.

**Рис. 2 – Классификация использования гидрофобизированных грунтов на объектах трубопроводного транспорта**



Разработаны технологии производства и получены патенты на изобретения:

- на наземную, полуподземную и подземную прокладку трубопроводов в обсыпке из гидрофобизированных грунтов;
- на балластировку трубопроводов с использованием засыпки из гидрофобизированных грунтов, анкер-инъекторов и винтовых анкерных устройств с повышенной удерживающей способностью;
- на защиту от размыва и выветривания грунта засыпки и валика;
- на ремонт изоляции трубопроводов с обсыпкой гидрофобизированным грунтом с подъёмом и без подъёма трубопровода, без остановки перекачки для отдельных дефектов, а также в качестве дополнительных мероприятий по увеличению надёжности эксплуатации трубопроводов на полимерные ленты и обёртки с двусторонним липким слоем с поворотом на 180°, с повышенной надёжностью и с антиадгезионной лентой.

Другие работы, вошедшие в классификацию находятся на стадии разработки, например при строительстве и ремонте резервуаров планируется провести работы и утвердить инструкцию по технологии устройства отмотки и основания резервуара из гидрофобизированных грунтов, позволяющую значительно повысить надёжность эксплуатации за счёт снижения коррозии наиболее нагружённого элемента конструкции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумеров А.Г., Зубаиров А.Г., Векштейн М.Г., Гумеров Р.С., Азметов Х.А. Капитальный ремонт подземных нефтепроводов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1999. – 525 с.: ил.
2. Бабин Л.А., Быков Л.И., Волохов В.Я. Справочник мастера-строителя магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1986. – 224 с.
3. Воронин В.И., Воронина Т.С. Изоляционные покрытия подземных нефтегазопроводов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1990. – 198 с.
4. Кузнецов М.В., Новосёлов В.Ф., Тугунов П.И., Котов В.Ф. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1992. – 238 с.
5. Бабин Л.А., Быков Л.И., Рафиков С.К. Искусственное улучшение грунтов в практике трубопроводного строительства. – М.: Недра, 1990. – 154 с.
6. Спектор Ю.И., Бабин Л.А., Валеев М.М. Новые технологии в трубопроводном строительстве на основе технической мелиорации грунтов. – М.: Недра, 1996. – 208 с.