



# УМЕНЬШЕНИЕ КОРРОЗИИ ПОД ИЗОЛЯЦИЕЙ (КПИ)

ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОРРОЗИИ ПОД ИЗОЛЯЦИЕЙ В ИЗОЛЯЦИОННЫХ  
СИСТЕМАХ ARMAFLEX ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО РАСТВОРА





# 1. ПРОБЛЕМА КОРРОЗИИ

Коррозией под изоляцией (КПИ) называют любой тип коррозии, которая появляется из-за накопления влаги внутри изоляционной системы. Это может быть тепловая или акустическая изоляция. КПИ обычно появляется в диапазоне температур от 0°C и 120°C и наиболее опасна при температуре выше 60 ° C. Особенно она распространена в нефтегазовом секторе, где широко используются стальные трубы, а объекты, как правило, расположены в климатических зонах, благоприятных для образования КПИ. К ним относятся морские и шельфовые, жаркие/влажные регионы с большим количеством осадков. Кроме того, различные производственные процессы, вызывающие циклы нагрева и охлаждения носителя в трубопроводе, способствуют увеличению количества влаги в изоляционной системе.

КПИ коварна: ее трудно обнаружить без предварительного удаления изоляции, а на площадке могут находиться сотни километров трубопроводов, которые необходимо осмотреть вручную. Она также является серьезной проблемой, которая может привести к приостановке работы с издержками на миллионы долларов в день. В экстремальных случаях, коррозия может стать причиной катастроф, приводящим к человеческим жертвам.<sup>1</sup>

Коррозия, согласно оценке Всемирной организации по борьбе с коррозией, обходится мировой экономике в 2,2 триллиона долларов.<sup>2</sup> По данным этой организации, почти 45 процентов этих расходов, около 1 трлн. долларов в год, приходится на нефтяную, газовую и нефтехимическую отрасли.<sup>2</sup> Вне зависимости от этих цифр, КПИ общепризнана в качестве одной из наиболее важных проблем, стоящих перед владельцами предприятий. Когда речь идет об изоляционных материалах, выясняется, что существует лишь небольшое количество исследований по разработке наилучшего метода предотвращения КПИ с целью увеличения срока эксплуатации трубопровода и повышения безопасности работы.

В связи с этим, компания Argmacell, проектирующая и производящая тепловые и акустические изоляционные системы, используемые в нефтяной и газовой промышленности, привлекла к работе ведущую испытательную лабораторию TNO/Endures для проведения испытаний тепловой изоляции из материала с закрыто-ячеистой структурой ВСК (ВСК - вспененный синтетический каучук). Находящаяся в Амстердаме компания TNO/Endures является признанным авторитетом в вопросах коррозии, особенно в шельфовой и морской зонах, а также в технологиях и методах, используемых для продления срока службы промышленного оборудования и сооружений. Ее исследования и полученные результаты описаны ниже.

## 2 УМЕНЬШЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ КОРРОЗИИ ПОД ИЗОЛЯЦИЕЙ (КПИ)

## 2. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

В то время, как существует общепризнанных стандартов и процедур оценки эффективности антикоррозионной защиты, но очень немногие из них содержат положения о влиянии свойств изоляции на развитие КПИ. К последним относятся международные стандарты ASTM для определения влияния изоляции на коррозионное растрескивание под напряжением (КРН), в частности, ASTM C692 и ASTM C871 или EN 13468.

Компания Armacell предлагает изоляцию, которая удовлетворяет требованиям ASTM C692, известным как “процедура испытания каплезащищенности”, и предлагает решения с использованием маловыщелачиваемых хлоридов при испытании в соответствии с ASTM C871 или EN 13468<sup>1</sup>. Изоляционные материалы Armacell также имеют нейтральный pH. Тем не менее, до сих пор не существует стандартов для проведения испытаний влияния изоляции, установленной на трубопроводе, на снижение негативного эффекта КПИ. Имея это в виду, TNO/Endures<sup>3</sup> воспроизвела метод испытания, впервые разработанный мировым энергетическим гигантом Shell еще в 2009 и проводившийся TNO/Endures для оценки ряда изоляционных материалов. Данная методика получила широкое признание в нефтяной и газовой отрасли, как подходящий метод оценки КПИ, и рассматривается многими специалистами в качестве предшественника будущего официального международного стандарта.

<sup>1</sup> Подготовка образца в соответствии с EN 13486: не резать и не смешивать.

### ПРЕИМУЩЕСТВА МАТЕРИАЛА ARMAFLEX ИЗ ВСПЕНЕННОГО ЭЛАСТОМЕРНОГО КАУЧУКА

Armaflex – материал компании Armacell, испытывавшийся TNO/Endures, предназначен для обеспечения превосходной тепловой изоляции, а также паронепроницаемого барьера, предотвращающего проникновение воды и водяного пара. Материал Armaflex – это легкий, гибкий изоляционный материал, который прост в установке и обеспечивает высокую степень адгезии как при склеивании материала, так и при его приклеивании к защищаемым конструкциям трубопроводов. В результате получается практически бесшовное решение изоляции. Качественные характеристики изоляционного материала FEF с закрыто-ячеистой структурой описываются в известной работе S. Winnik<sup>4</sup> “Коррозия под изоляцией. Руководство” (20 марта 2008).

В ней говорится:

*“Материалы с закрыто-ячеистой структурой (например, вспененные эластомеры и пеностекло) могут обеспечить более эффективный паронепроницаемый барьер от проникновения влаги по сравнению с изоляционными материалами с открытой ячеистой структурой (такими как, минеральная вата и силикат кальция).”*

Заказчики из нефтегазовой отрасли, ожидающие от изоляции сроков эксплуатации порядка 25 – 40 лет, все чаще обращаются к изоляционным материалам компании Armacell, как части стратегии по предотвращению угрозы коррозии под изоляцией, понимая, что это может обеспечить больший срок эксплуатации по сравнению с традиционными системами. Объекты, на которых была установлена изоляция Armaflex, включают:

- Плавучие системы нефтедобычи, хранения и выгрузки Terra Nova в Канаде
- Плавучие системы нефтедобычи, хранения и выгрузки BP в Анголе
- Плавучие исследовательские платформы Shell для месторождения EA в Нигерии
- Добывающая платформа компании Mobil Kipper Tuna в Австралии
- Компания BP – плавучая система нефтедобычи, хранения и выгрузки Glen Lyon (Quad 204) и морские платформы Clair Ridge в Северном море

## МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Нагретая вода (80°C) пропускалась через испытываемую стальную трубу в замкнутой системе с принудительной циркуляцией. Это создавало нужную температуру внутри трубы, чтобы обеспечить оптимальные условия для образования коррозии на ее поверхности. Кроме того, для имитации крайне неблагоприятных условий окружающей среды использовалась спринклерная система для непрерывного распыления подогретой соленой водой поверх изолированной трубы. Данные условия поддерживались в течение 6 месяцев<sup>1</sup>.

Стальная труба используемая TNO/Endures, была изготовлена из углеродистой стали марки A106, имела диаметр 114 мм, длину 1000 мм и толщину стенки 5,5 мм. Она была разделена на две части при помощи стальных заглушек, приваренных на обоих концах и в середине. Для ускорения появления коррозии, трубу не обрабатывали никаким антикоррозийным покрытием (например, термически напыленным алюминием или краской), которое обычно используется для защиты от коррозии в реальных условиях. Такую обработку всегда следует рассматривать как часть любой реальной стратегии снижения риска КПИ, независимо от характеристик выбранной системы изоляции.

В рабочих условиях, там, где используется Armaflex, весьма маловероятно, что изоляция будет повреждена. Тем не менее, чтобы исследовать способность Armaflex снижать риск возникновения КПИ в случае «наихудшего» сценария, в TNO/Endures искусственно создали условия появления КПИ. Для этого две части трубы (A) и (B) подготовили следующим образом:

### УСКОРЕННОЕ ИСПЫТАНИЕ НА ОТКАЗ

Были проделаны 5 мм отверстия в изоляции трубы A и покровном материале трубы B, за счет этого созданы экстремальные тестовые условия. В реальной ситуации весьма маловероятно, что теплая соленая вода стала бы непрерывно распыляться над трубопроводами и проникать внутрь напрямую. Таким образом, когда вода вступает в контакт с необработанной поверхностью трубы, на поврежденных участках естественным путем неизбежно возникает коррозия. Основной задачей испытания было выяснить, как система изоляции предотвращает распространение воды и коррозии на другие участки трубы, что, как правило, наблюдается при использовании систем изоляции с открытыми порами.

В настоящее время отсутствуют международные стандарты для оценки эффективности изоляции по отношению к КПИ. Тем не менее, компанией Shell разработан подход, который де-факто признается в качестве стандарта для отрасли, именно этот метод был использован компанией TNO/Endures в ее исследованиях.

<sup>1</sup> Водный солевой раствор в ASTM B117, 5% раствор хлорида натрия при 35°C

## 4 УМЕНЬШЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ КОРРОЗИИ ПОД ИЗОЛЯЦИЕЙ (КПИ)

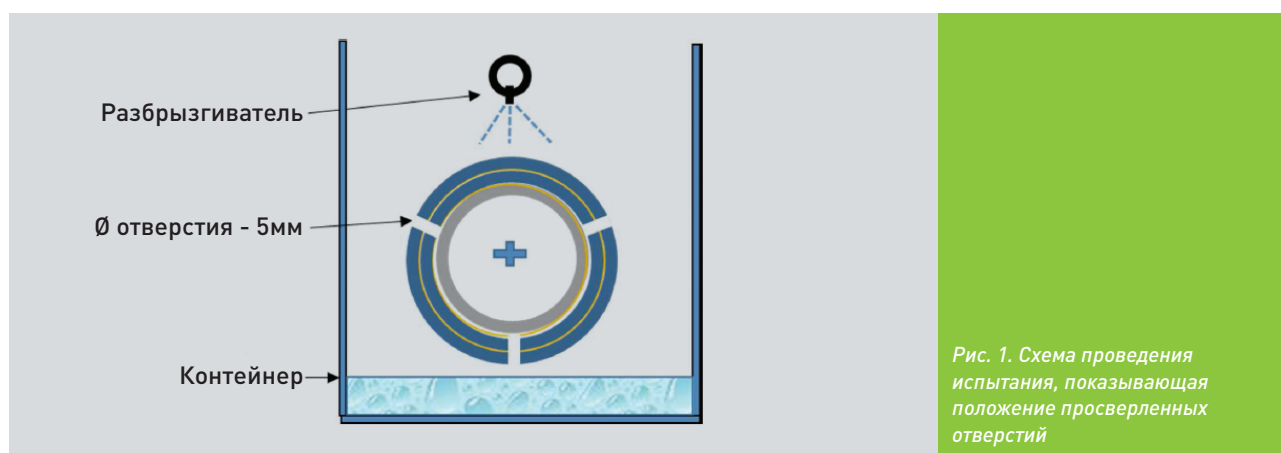


## Труба А

- Слой 1 - изоляция HT/Armaflex Industrial толщиной 25 мм полностью приклеена к поверхности трубы.
- Слой 2 - изоляция HT/Armaflex Industrial толщиной 25 мм полностью приклеена к первому слою.

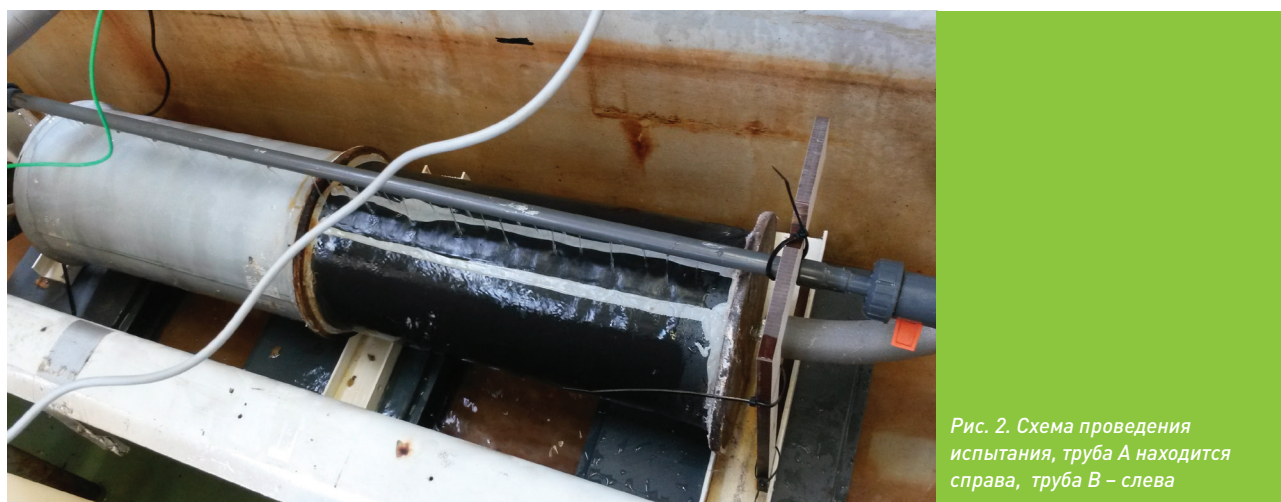
Для имитации повреждений в системе изоляции были сделаны 3 ряда отверстий диаметром 5мм<sup>2</sup> на верхней и нижней поверхностях, в каждом ряду по два отверстия (в положении 2, 6 и 10 часов).

Отверстия были просверлены через изоляцию, чтобы позволить воде попадать непосредственно на поверхность трубы. Нижние отверстия были подготовлены для отвода воды, которая могла попасть под изоляцию. Два отверстия в каждом ряду были сделаны на расстоянии 15 см от края трубы и от среднего диска и, соответственно, с расстоянием 20 см между ними.



## Труба В

Как и в испытании трубы А, использовались два слоя изоляции HT/Armaflex Industrial с компенсационными вставками Armaflex, установленными поверх 2-го слоя (толщиной 9 мм). Компенсационные вставки использовались для имитации систем изоляции, устанавливаемых с жестким покровным слоем на реальных морских объектах. В этом случае в качестве внешнего покровного материала использовался армированный стеклопластик (GRP). Отверстия были вновь просверлены на верхней части изоляционной системы, но на этот раз только через покровный слой. Отверстия сквозь изоляцию не просверливали, она была оставлена целой.



2 В реальных ситуациях отверстия для отвода воды, как правило, имеют больший диаметр, например, 50 мм или более

### 3. АНАЛИЗ СПУСТЯ 6 МЕСЯЦЕВ

По окончании шести месяцев испытаний изоляция была удалена с трубы А, а изоляция с внешним покровным слоем – с трубы В. Для того, чтобы лучше изучить поверхность трубы, коррозионные участки были очищены в течение 10 минут при температуре 20°C в свежеприготовленном химическом растворе. Этот раствор готовили следующим образом: смешивали 1000 мл соляной кислоты с 1000 мл деионизированной воды и добавили 10г гексаметилентетрамина. После очистки поверхности были промыты в деионизированной воде и высушены под струей воздуха.

Эксперты из TNO/Endures провели следующие испытания:

- Визуальная проверка
- Измерение толщины стенки трубы с помощью ультразвукового толщиномера
- Измерение глубины коррозии (с использованием микроскопа с негативным изображением)

#### 3.1 РЕЗУЛЬТАТЫ – ТРУБА А

Всякий раз, когда соленая вода вступает в контакт со стальной трубой в присутствии кислорода, будет происходить коррозия. В данном испытании процесс образования коррозии ускорился, поскольку были созданы оптимальные условия для ее развития при температуре 80°C и непрерывном распылении соленой воды. Учитывая, что соленая вода вступала в прямой контакт с поверхностью трубы, можно было ожидать появления обширной коррозии в поврежденных местах.

Однако, как видно из следующего изображения, очаг коррозии был ограничен областями непосредственно вокруг отверстий на верхней части трубы (в положении 2 часа и 10 часов).



*Рис. 3. Изоляционные слои (темно-серый цвет) и адгезионные слои (коричневые) – коррозия локализуется только в областях непосредственно вокруг отверстий, просверленных в изоляции*

Важно отметить, что окрашивание всей поверхности трубы в коричневый цвет было обусловлено нагреванием клея, используемого Armacell (в результате действия воды температуры 80 °C в трубе). Это не является результатом коррозии.



Характерно, что на стенке трубы под изоляцией не проявляется каких-либо признаков развития коррозии (см. рис. 4). Это означает, что соленая вода не проникла под изоляцию в нижнюю часть трубы. Проводившая испытание организация пришла к выводу, что это было связано с паро- и гидроизоляционными свойствами клея, закрытоячеистого материала (ВСК).

Вывод:

*“Не наблюдается какой-либо значительной коррозии в этой области, что означает, что соленая вода не достигла стенки трубы через отверстия. Это может быть связано с хорошими барьерными свойствами клея и закрытоячеистой структурой изоляционного материала ВСК.”*



Рис. 4. Фото поверхности трубы под изоляцией

### Труба А: ИЗМЕРЕНИЯ КОРРОЗИИ

Учитывая экстремальные условия испытания, ожидалось, что будут наблюдаться некоторые локализованные очаги коррозии. Ключевая часть исследования состояла в определении распространения коррозии за пределами участков изоляции с отверстиями. Испытания показали, что коррозия локализовалась в области отверстий и не распространилась на стенку трубы, лишь с незначительным распространением в стороны.



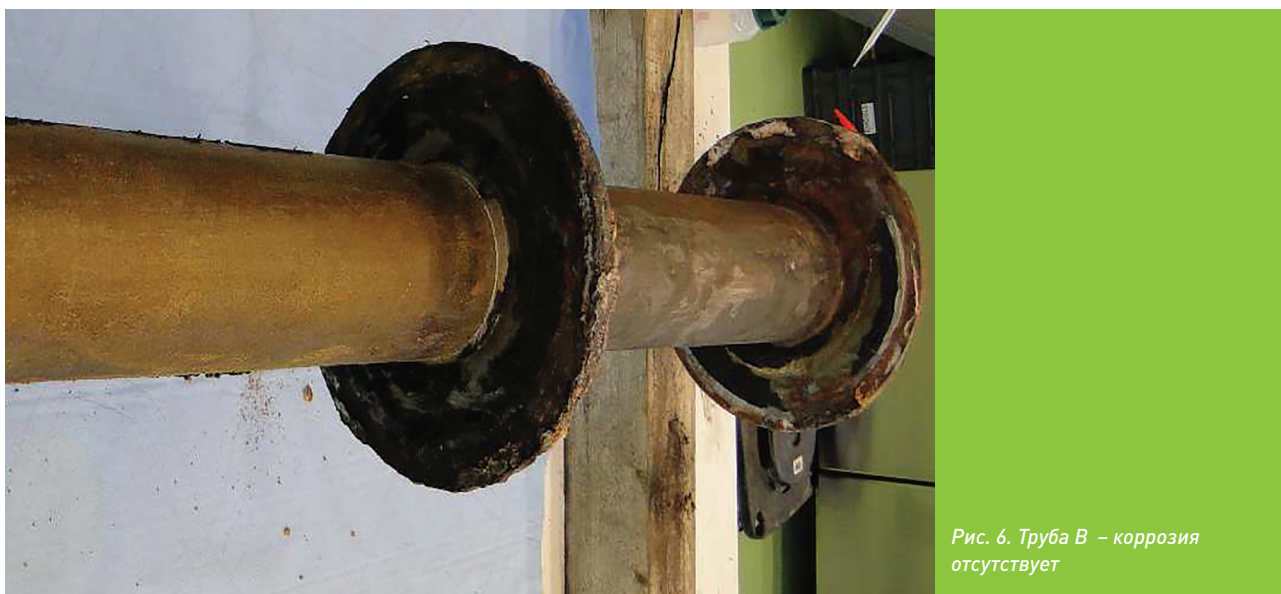
Рис. 5. Крупным планом показан очаг самой глубокой части коррозии (труба А)

Отсутствие распространения коррозии было связано с защитными непроницаемыми свойствами закрытопористого изоляционного материала ВСК. **Эта характеристика была еще более наглядно подтверждена испытаниями трубы В.**

### 3.2 РЕЗУЛЬТАТЫ – ТРУБА В

В эксперименте с трубой В отверстия диаметром 5 мм были просверлены только в покровном слое. При удалении изоляции было отмечено, что внешний слой был влажный на ощупь. Однако внутренний слой при этом оставался сухим. В отчете организации говорится: *“Внешний слой изоляционного материала - влажный, при этом внутренний слой остался сухим, что связано с барьерными свойствами клеевого слоя между двумя слоями изоляции. На поверхности металла следов коррозии не отмечено.”*<sup>5</sup>

Испытательная лаборатория отметила, что отверстие диаметром 5 мм на нижней стороне внешнего покрытия (покровного материала) оказалось засорено, и поэтому между облицовкой и изоляцией скопилась вода. Однако, как в этом месте, так и в целом вокруг трубы В было отмечено, что *“На поверхности металла коррозии не наблюдается”*.



Основываясь на результатах эксперимента с трубой В, комиссия TNO/Endures делает следующие выводы:

- **Важное значение клея:** использование качественного клея и изоляционных материалов с хорошими барьерными свойствами может улучшать антикоррозионную стойкость изоляционных систем.
- **Защита от неблагоприятных погодных условий:** использование внешнего покрытия покровного слоя для защиты от неблагоприятных погодных условий способствует улучшению эффективности изоляционной системы в отношении КПИ.



## 4. ВЫВОДЫ

Данные испытания, проведенные компанией TNO/Endures, были разработаны таким образом, чтобы обеспечить образование коррозии под изоляцией. Это достигнуто в испытаниях с трубой А, когда в изоляции были проделаны отверстия, которые позволили соленой воде непосредственно взаимодействовать с поверхностью трубы. Непрерывный поток теплой соленой воды представляет собой экстремальные условия испытаний – такие, которые практически невозможны в реальных производственных условиях.

Цель испытаний состояла в определении свойств изоляции Armaflex по снижению распространения коррозии. В этом отношении материал на трубе А проявил хорошие свойства: коррозия была ограничена областями вокруг отверстий и не распространилась по поверхности трубы. В рабочей среде труба, помимо этого, защищается антикоррозийной обработкой, а изоляционная система всегда закрывается покровным материалом.

В случае с трубой В, коррозии вообще не было отмечено. Вода проникла внутрь внешнего покрытия (покровного слоя), но вследствие водонепроницаемости изоляции Armaflex, не достигла поверхности трубы.

Данные испытания показали, что в экстремальных внешних условиях изоляционная система Armacell FEF с закрытоячеистой структурой, со встроенным паронепроницаемым барьером обладает высокой эффективностью в отношении снижения риска образования коррозии под изоляцией (КПИ).

### ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИИ С ЗАКРЫТОЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРОЙ МАТЕРИАЛА

Результаты испытаний совпадают с оценками операторов и подрядчиков. Рейнгард Миллер (Reinhard Müller), проект-менеджер компании Kaefer Industrie GmbH заявляет:

*“При использовании традиционных изоляционных систем имеется риск образования конденсата в изоляции или между минеральной ватой и металлическим кожухом. Если влага проникает к трубе, имеется высокий риск появления коррозии. Используя материал Armaflex с закрытоячеистой структурой и неметаллическое покрытие Arma-Chek R, мы можем избежать риска образования коррозии под изоляцией (КПИ).”*

## КРУПНЫЕ НЕФТЯНЫЕ КОМПАНИИ САНКЦИОНИРУЮТ ПРИМЕНЕНИЕ ARMAFLEX



*Рис. 7. Данный трубопровод холодной воды был защищен Armaflex в течение 20 лет – на фотографии показан профилактический осмотр исходной системы*

На условиях анонимности крупная нефтяная компания недавно подтвердила, что она санкционировала использование Armaflex на всех новых нефтяных платформах после обнаружения серьезных и потенциально опасных проблем с изоляцией объектов, на которых используются системы с традиционными минеральной ватой и металлическими кожухами. Другие крупные нефтяные компании также рассматривают подобный шаг. На самом деле, растет понимание того, что при широком распространении в последующие десятилетия по всему миру в таких разных регионах, как Норвегия, Африка, территория России и Северное море, Armaflex является наиболее эффективной системой снижения риска образования КПИ.

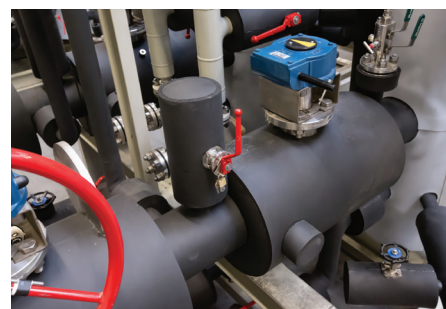
### Используемая литература

1. <http://articles.latimes.com/2004/feb/23/business/fi-Ing23>
2. "Теперь настало время", автор George F. Hays, PE, Генеральный директор, Всемирная организация по борьбе с коррозией
3. Уроки, извлеченные при лабораторных испытаниях на коррозию - в сотрудничестве с TNO/Endures - второй выпуск, 2009
4. Коррозия под изоляцией (КПИ). Руководство (20 марта 2008 г., S.Winnik)
5. Коррозия, продемонстрированная на трубах из углеродистой стали под изоляционными материалами при воздействии спреем солевого раствора (TNO/Endures отчет № RPT-14007)



## КРАТКИЙ ОБЗОР ВЫПОЛНЕННЫХ ПРОЕКТОВ

Системы промышленной изоляции Argmacell были запроектированы и установлены на крупных нефтяных и газовых проектах по всему миру. Тепловые и акустические системы предназначены не только для эффективного снижения образования коррозии под изоляцией (КПИ), но также соответствуют нормам других международных стандартов, например ISO 15665, в отношении шумоизоляции.



**ООО «Термафлекс Изоляция +» | Юридический адрес**

1129626, Москва, 3-я Мытищинская, д.16, стр.3, корп.21-Б

**Телефон**

+7 495 981 11 50

**Email**

Общие вопросы

[russia@thermaflex.com](mailto:russia@thermaflex.com)

**Вэб-сайт**

[www.armacell.com](http://www.armacell.com)

 **armacell**<sup>®</sup>  
MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD

