

УДК 699.82

***АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ
НАНЕСЕННЫХ РАНЕЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ***

Мастонов А.Н.

Студент

Самарский Государственный Технический Университет

Самара, Россия

Истомова М.А.

К.х.н, доцент

Самарский Государственный Технический Университет

Самара, Россия

Аннотация. В данной работе рассматриваются методы ручной, струйной и механизированной зачистки изоляции трубопроводов. Представлены усредненные характеристики формируемого различными видами абразива профиля шероховатости и принципиальная схема самоходной машины для очистки трубопроводов. Описаны преимущества и недостатки машинного способа очистки трубопроводов. Анализ существующих методов применения очистных машин, проведённый в данной работе, позволяет подобрать эффективную модель с повышенной производительностью в зависимости от внешних факторов технологических режимов.

Ключевые слова: абразив, очистная машина, комбинированная машина, адгезия трубопровода, механическая очистка трубопровода.

***CLEANING METHODS ANALYSIS OF BURIED PIPELINES FROM
PREVIOUSLY APPLIED INSULATION COATINGS***

Mastonov A. N.

Student

Samara State Technical University

Samara, Russia

Istomova M. A.

K. H. n., associate Professor

Samara State Technical University

Samara, Russia

Annotation. This paper discusses methods of manual, jet and mechanized stripping of pipeline insulation. The averaged characteristics of the roughness profile formed by various types of abrasive and the schematic diagram of a self-propelled machine for cleaning pipelines are presented. The advantages and disadvantages of the machine method for cleaning pipelines are described. The analysis of existing methods of using cleaning machines, carried out in this work, allows you to select an effective model with increased productivity, depending on external factors of technological modes.

Key words: abrasive, cleaning machine, combination machine, pipeline adhesion, mechanical pipeline cleaning.

Качество подготовки поверхности трубы во многом определяет качество последующего нанесения на неё изоляционного материала, так как, даже применение наиболее эффективных или дорогих изоляционных покрытий не позволит обеспечить требуемого уровня защиты трубопровода в случае низкого качества контакта в системе «труба-изоляция». Результаты проведенных ранее исследований, а также обобщения промышленного опыта строительства, ремонта и обслуживания нефтегазотранспортных трубопроводных системы, позволяют выделить ряд следующих факторов, оказывающих негативное влияние на качество контакта между изоляционным покрытием и поверхностью трубы:

- факторы, обусловленные поверхностным загрязнением трубы веществами, не являющимися продуктами химического окисления материала трубы, среди которых элементы нанесенных ранее покрытий, отложения солей, следы углеводородов, масел, грунта и т.д.;

- факторы, обусловленные поверхностным загрязнением трубы продуктами окисления материала трубы, такими как окалина или ржавчина;
- факторы, обусловленные профилем трубопровода, условиями его монтажа и эксплуатации.

Нивелирование первых двух групп факторов и обеспечивается посредством применения методов и средств очистки трубопровода. Среди методов, применяющихся в современной промышленной практике реализации ремонтно-изоляционных работ, для достижения заданной степени очистки трубопровода, можно выделить следующие методы:

- методы ручной зачистки с применением ручного инструмента и средств малой механизации, в частности, инструментов с пневматическим или электрическим приводом;
- методы струйной зачистки с применением аппаратов абразивоструйной и водоструйной обработки;
- методы механизированной зачистки с применением очистных машин.

Методы ручной зачистки поверхности трубопроводов наиболее целесообразно применять при осуществлении малых объемов работ, в рамках участков протяженностью 1-3 интервалов труб (по сварным швам, до 18 м), а также при зачистке отдельных выступающих элементов трубопровода или трубопроводной арматуры. Как правило, реализация такого метода осуществляется с применением ручного электрического или пневматического инструмента, также, различного рода скребков, корд-щеток или наждачного полотна, и имеет высокую трудоемкость по сравнению с другими методами очистки [1].

Методы струйной зачистки трубопровода, имеют целесообразность применения на участках протяженностью от 3 до 10 интервалов труб (по сварным швам, до 60 м). Сущность таких методов заключается в воздействии на поверхностный загрязненный слой трубы гидравлического или газового потока мелкодисперсных твердых частиц (абразива), нагнетаемого под

высоким давлением, в качестве абразива, при таком методе очистки могут применяться песок, мелкая фракция гравия, металлическая дробь. Выбор конкретного способа очистки трубопровода определяется типом и свойствами нанесенного ранее изоляционного покрытия, видами загрязнения, а также текущим техническим оснащением организации, выполняющей соответствующий объем работ по очистке и изоляции трубопровода. В качестве основного технологического параметра, определяющего целесообразность применения того или иного вида абразива, выступает профиль шероховатости поверхности, обработанной тем или иным абразивом. Усредненные характеристики формируемого различными видами абразива профиля шероховатости, приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Характеристика достигаемых профилей шероховатости поверхности стальных труб в зависимости от вида применяемого абразива

Абразив	Размер ячейки	Наибольшая высота профиля шероховатости, мкм
Песок очень мелкой фракции	80	37
Песок крупной фракции	12	70
Железная дробь	14	90
Медный шлак, 1,5-2 мм фракция	-	75-100
Железный абразив типа No. G16	12	200

Формирование профиля скорости потока абразива по отношению к поверхности трубы, может осуществляться нагнетаемым жидкостным (водой) или газовым (воздухом) потоками, в которые производится непрерывный ввод соответствующего абразива. При использовании воздушного способа нагнетания абразива отсутствует необходимость применения специальных гидравлических или пневмогидравлических нагнетателей, так как требуемое давление воздуха может быть обеспечено мобильными компрессорными станциями, повсеместно применяющимися при проведении ремонтных работ на объектах трубопроводного транспорта (например, для привода инструмента), также, такие способы не требуют

использования дополнительных средств консервации поверхности трубопровода, в случаях, когда имеет место малый промежуток времени между моментами очистки трубы и началом нанесения нового изоляционного покрытия. Основным недостатком метода является негативное влияние образуемой пылевой взвеси на органы дыхания человека, что определяет необходимость обязательного применения СИЗ при проведении очистных работ, также, среди недостатков данного метода следует отметить его низкую эффективность применения по отношению к масляным, углеводородным пятнам и солевым отложениям, что определяют необходимость реализации дополнительного объема работ по обезжириванию поверхности перед последующим нанесением чувствительных к таким загрязнениям покрытий. Еще одним недостатком данного метода является необходимость последующей жидкостной очистки поверхности трубы от осевшей пыли и частиц абразива, встроившихся в микронеровности и микротрещины поверхностного слоя трубы, наличие которых может негативно сказаться на адгезии наносимого впоследствии покрытия.

Гидроабразивный способ очистки по своей природе схож методами абразивноструйной очистки с применением нагнетаемого потока газа, при этом, он обеспечивает проведение очистных работ без образования пылевой взвеси, что в значительной степени повышает безопасность и эффективность проведения очистных работ. Недостатком данного метода является наличие высоких скоростей коррозии в зоне контакта металла, поверхность которого активирована абразивным воздействием, и воды, что определяет необходимость реализации мер, направленных на предотвращение образования коррозии до момента нанесения нового изоляционного покрытия. Решение данной проблемы в большинстве случаев обеспечивается применением ингибиторов коррозии, вводимых в поток жидкости, однако,

имеет место негативное влияние присутствие таких ингибиторов на поверхности трубы на адгезию некоторых изоляционных материалов [2].

Наряду с применяемым типом абразива, на профиль формируемой шероховатости оказывает влияние давление потока, при этом, не всегда требуется обеспечивать наименьшую высоту профиля шероховатости, так как не всегда низкая шероховатость обеспечивает повышение адгезии покрытий к металлу, в свою очередь, слишком большая высота неровностей (на границе с макрошероховатостью) может привести к снижению толщины адгезионного слоя покрытия на вершинах шероховатостей, следствием чего может стать снижение качества адгезионного слоя или снижение прочностных характеристик изоляции.

Более совершенным способом струйной очистки поверхности выступает метод водоструйной очистки, преимуществом данного метода является отсутствие абразивных частиц, воздействие которых на трубопровод приводит к активации поверхностного слоя металла и соответствующей интенсификации коррозионных процессов. При этом, в зависимости от достигаемой степени очистки, выделяют два вида, в зависимости от применяемых для нагнетания струи давлений, водоструйной очистки:

- водоструйная очистка высокого давления, при давлении струи в диапазоне от 680 до 1700 атмосфер;
- водоструйная очистка сверхвысокого давления, при давлении струи в диапазоне от 1700 атмосфер.

Так, водоструйная очистка высокого давления обеспечивает очистку поверхности трубы от следов грунта, рыхлой ржавчины, несцепленной окалины, а также различного рода солей и масел, при использовании поверхностно-активных добавок, также, в некоторых случаях, такой способ позволяет удалить отслоившиеся части нанесенной ранее изоляции и иные виды загрязнений, имеющих низкую адгезию к металлу трубы. Водоструйная

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

очистка сверхвысокого давления позволяет удалять окалину и ржавчину, имеющих большую степень адгезии к металлу, а также удалять отложения солей, масляные и углеводородные пятна без дополнительного обезжиривания (в ряде случаев обезжиривание все же проводится). Среди преимуществ такого метода, как было отмечено ранее, выступает отсутствие абразивного воздействия на металл трубопровода, а также отсутствие негативного влияния пылевой взвеси на здоровье человека и качество впоследствии наносимого покрытия. Ключевым недостатком данного метода являются высокие требования к подготовке применяемой для формирования струи воды, которые не всегда могут быть обеспечены в трассовых условиях осуществления ремонтно-изоляционных работ, также, воздействие воды в ряде случаев может интенсифицировать коррозию очищенной поверхности, что также обуславливает необходимость её последующей консервации или применения ингибиторов коррозии [3].

Методы механической очистки трубопровода с применением очистных или комбинированных машин, имеют целесообразность применения при большом объеме изоляционных работ, при протяженности очищаемых участков более 10 интервалов труб (по сварным швам, до от 60 м). Такие методы обеспечивают наиболее эффективное удаление толстых слоев изоляционных покрытий, имеющих высокую остаточную адгезию к трубопроводу, а также высокую прочность (армированные или усиленные покрытия). Сущность данного метода заключается в обеспечении удаления изоляционных покрытий, выступающих загрязнений, наплывов или брызг металла, посредством их срезания с поверхности трубы режущим инструментом. Несмотря на то, что данный способ имеет очень высокую производительность при очистке большой протяженности трубопровода, однако его применение имеет комплексный характер, так как он требует дополнительного объема работ, направленных на удаление отдельных участков ржавчины или окалины, очистку выступающих элементов

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

трубопровода, обезжиривание и обессоливание поверхности с применением ручного или струйных методов обработки. В настоящее время, отечественной промышленностью налажено производство достаточно широкой номенклатуры машин или механизированных комплексов, для реализации как очистных, так и изоляционных работ. Так, в зависимости от условий работы таких машин существуют стационарные или самоходные конструкции, в зависимости от характера воздействия и движения их рабочих органов, выделяют конструкции очистных машин с поступательным, возвратно-поступательным, вращательным и круговым движением рабочей части относительно поверхности труб.

Очистные мобильные машины, нашедшие наибольшее распространение в трассовых условиях очистки трубопровода, в общем случае представляют собой агрегат, выполненный в виде силовой рамы, размещаемой на поверхности трубопровода, на которой располагаются механизмы и инструменты для очистки трубопровода, а также механизмы, обеспечивающие привод движения машины относительно оси трубы, и движения рабочей (режущей части) относительно её поверхности. В качестве привода механизмов могут быть использованы электрические, гидравлические силовые машины, а также ДВС. В качестве режущей части таких машин выступают (рис. 1): цилиндрические или плоские металлические щетки, стальные или твердосплавные резцы (скребки), или, как правило, их комбинация [3].

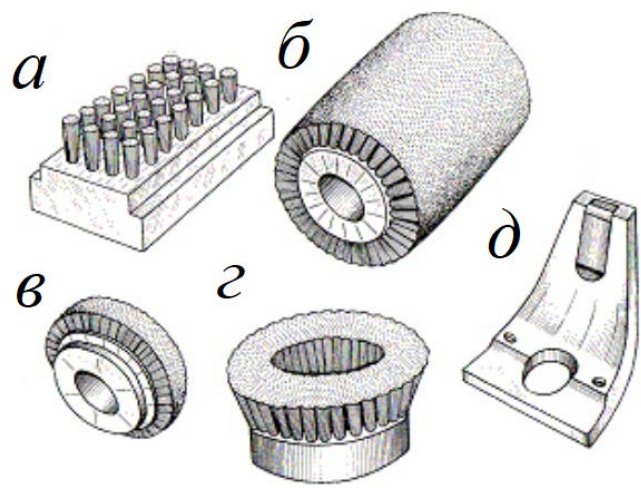


Рисунок 1. Виды рабочих органов машин для очистки трубопроводов [3]:

а – плоская щетка; б – цилиндрическая щетка; в – дисковая щетка;

г – чашеобразная щетка; д – резец (скребок)

Применение различных видов режущей части обусловлено разными степенью и характером воздействия их на загрязнения, так, щеточные рабочие элементы обеспечивают удаление рыхлых, слабосцепленных поверхностных загрязнений, в том числе отложений солей и отчасти следов масел и углеводородов, за счет их слабовыраженного абразивного действия. Такие элементы обеспечивают наиболее эффективное удаление продуктов окисления трубопроводной стали, вне зависимости от её сцепления с основанием, их движение относительно поверхности трубы может иметь поступательный, возвратно-поступательный, вращательный или круговой характер в зависимости от конкретного вида щетки и от кинематической схемы работы очистной машины. Однако, такие инструменты имеют низкую эффективность или невозможность применения к некоторым видам битумных или усиленных полимерных покрытий, загрязнениям, представленным крупными и прочными брызгами и наплывами металла, а также иных загрязнений, имеющих высокие прочностные характеристики сцепления с поверхностью трубы. В качестве абразивной части таких щеток применяется ворс из закаленной стальной проволоки, заключенной в пластиковую колодку [3].

Скребковая оснастка очистных машин представлена режущими инструментами резцового типа, выполненных в виде изогнутых пластин, имеющих сужение с режущей части, последняя, чаще всего дополняется вставками из быстрорежущих сталей или твердых сплавов. Данный вид инструмента применяется для удаления прочных битумных и ленточных покрытий, нормального или усиленного типа, имеющих высокую остаточную адгезию, а также выступающих наплывов, брызг и окалины металла, имеющих высокую прочность сцепления с трубой, и ряд иных выступающих загрязнений, имеющих высокую прочность и адгезию к поверхности трубы. Принципиальная схема устройства комбинированной машины для очистки трубопровода представлена на рисунке 2 [4].

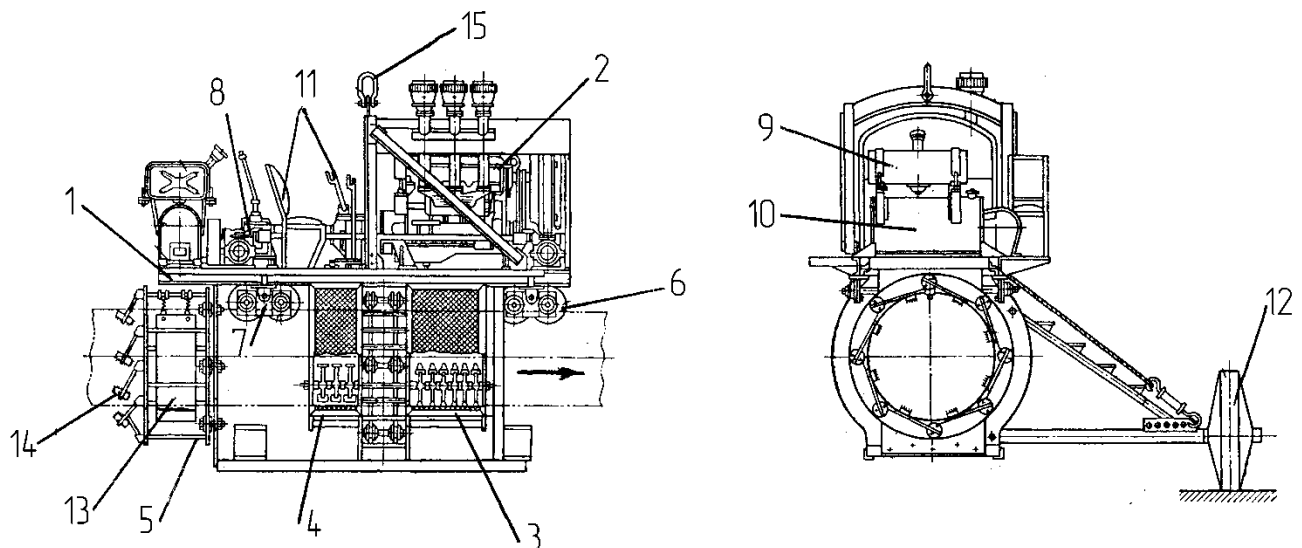


Рисунок 2. Принципиальная схема самоходной машины для очистки трубопроводов [2]:

- 1 - несущая рама; 2 - силовая установка; 3 - скребковый рабочий орган;
4 - щеточный рабочий орган; 5 - ротор праймирования; 6,7 - опорные колеса;
8 - коробка перемены передач (КПП); 9 - топливный бак; 10 - бак для
грунтовок; 11 - сиденье машиниста и органы управления; 12 -
дополнительное колесное устройство; 13 - джуто-кордовые полотенца; 14 -
щетки с мягким ворсом; 15 - грузовая подвеска

Очевидным преимуществом способа очистки трубопровода механическим способом с применением очистных машин является их значительно более высокая производительность очистки поверхности по сравнению с приведенными ранее способами ручной и струйной очистки, а также возможность удаления высокопрочных загрязнений, в частности, наплывов, брызг и окалины металла. Также следует отметить их применимость к достаточно-широкому спектру покрытий, в том числе армированных или усиленных. Проведенный обзор существующих конструкций очистных машин также позволяет отметить возможность применения комбинированных машин, обеспечивающих очистку, праймирование и изоляцию трубопровода за один технологический переход [5].

Несмотря на значительное преимущество машинного способа очистки трубопроводов по сравнению с приведенными ранее способами, он также обладает рядом существенных недостатков. Одним из наиболее очевидных недостатков выступают размеры и стоимость применяемого оборудования, однако, такой недостаток в значительной степени компенсируется высокой производительностью очистных машин, в частности, при использовании комбинированных конструкций, также, имеет место снижение эффективности механической очистки трубопровода ввиду забивания рабочих органов очистных машин продуктами очистки трубопровода, в частности, особо негативное влияние оказывает забивание рабочих органов и механизмов машин смесью твердых механических частиц и остатков праймера и смолистых адгезионных слоев, приводящей их к более быстрому выходу из строя. Как было отмечено, целесообразность применения очистных машин во многом определяется производительностью и эффективностью их, что определяет особую актуальность вопросов, связанных с повышением их производительности, совершенствования

Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

конструкции и методик выбора технологических режимов, обеспечивающих наиболее оптимальные условия очистки труб в зависимости от внешних факторов[5].

Библиографический список

1. Иванов В.А., Серебренников Д.А., Давыдов А.Н. Анализ и классификация способов очистки наружной поверхности трубопровода от дефектной изоляции // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №6
2. Качанов И.В. Технология струйной гидроабразивной очистки и защиты от коррозии стальных изделий. Монография. – Минск: БНТУ, 2016. – 167 с.
3. Корягин С.И., Пименов И.В., Худяков В.К. Способы обработки материалов. Учебное пособие. – Калининград: Калинингр. ун-т, 2000. – 448.
4. Строганов В.Ф., Строганов И.В., Ахметшин А.С., Стоянов О.В., Старостина И.А. Эпоксиполимерные адгезионные праймеры в антикоррозионной изоляции трубопроводов // Известия КазГАСУ. 2010. №1
5. Ивличева Е.А., Очистка наружной поверхности трубопровода от старой и дефектной изоляции// Наука через призму времени. 2019. №5

Оригинальность 94%