

УДК 621.43.038.1, 621.43.038.3

А.И. Ходырев, д.т.н., профессор; **С.А. Куликов**, e-mail: ksergey-77@mail.ru,
РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

ПРОЦЕСС РАСПЫЛИВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

Во многих применяемых технологиях, например для сжигания тяжелых топлив в теплоэнергетике, для нанесения лакокрасочных покрытий в машиностроении, для введения химреагентов в химической и нефтегазовой отрасли, используется процесс распыливания.

Распыливанием называется процесс дробления струи или пленки жидкости на большое число капель и распределения их в пространстве [1]. Дробление струи и образование капель происходят следующим образом. При впрыске жидкости образуется жидкая пелена. Под действием внешних сил и турбулентных пульсаций пелена жидкости распадается на частицы различной величины и формы. Малые частицы под действием поверхностного натяжения принимают форму шара и образуют капли, крупные – продолжают распадаться дальше.

Основной задачей процесса распыливания является увеличение площади межфазной поверхности, которая напрямую зависит от размера получаемых капель. Устройства, в которых реализуется процесс распыливания, называются форсунками. Форсунки грубого распыла генерируют спектр капель со средним диаметром порядка 100–250 мкм, а форсунки тонкого распыливания – порядка 10–20 мкм. К примеру, если распылить 1 л жидкости до капель диаметром 250 мкм (если учитывать, что все капли имеют одинаковый размер), то получим площадь межфазной поверхности всего 12 м², если диаметр капель равен 100 мкм, то площадь уже составит 60 м², а при получении на выходе распылителя капель с размерами в 1 мкм площадь составит 6000 м². Из примера видно, какое существенное влияние оказывают размеры капель

на получение эффективной площади межфазной поверхности.

Другой задачей при использовании процесса распыливания применительно к нефтегазовой отрасли является изменение свойств двухфазного потока, а именно получение тонких капель порядка 10 мкм и меньше, которые могут уноситься на большие расстояния и постепенно осаждаться на внутренней поверхности трубопровода и создавать на ней пленку.

В процессе распыливания образуется факел, параметры которого оцениваются с помощью дисперсных характеристик, характеристик формы факела, характеристик распределения по сечению [1].

Дисперсные характеристики определяют факел как некоторую совокупность частиц различных размеров: фактически от нуля до максимально возможного. Распределение числа или объемов капель по размерам описывается некоторой функцией распределения, но обычно дисперсность распыляемой жидкости оценивают одним из средних диаметров образующихся капель, например объемно-поверхностным диаметром: чем он меньше, тем лучше распыл.

Характеристики формы позволяют сравнивать габариты факела на некотором расстоянии от распылителя. К ним относятся корневой угол факела, диаметр и дальность факела. Известно, что корневой угол и диаметр факела

наибольшие у центробежных распылителей, а наименьшие – у струйных. У газожидкостных распылителей самая большая дальность по сравнению со струйными и центробежными распылителями.

Характеристики распределения отражают профиль удельных потоков жидкости по сечению факела. К ним относятся коэффициент радиальной неравномерности, показывающий, насколько распределение плотности орошения отличается от идеально равномерного, и коэффициент окружной неравномерности, показывающий, насколько факел распыла симметричен относительно оси.

Все способы распыливания согласно [1], в зависимости от способа подвода энергии, расходуемой на диспергирование, подразделяются на гидравлическое, пневматическое, механическое, акустическое, ультразвуковое, электростатическое, электрогидравлическое, пульсационное и комбинированные методы распыливания.

Рассмотрим более подробно гидравлическое и пневматическое распыливание и оборудование, применяемое для их реализации, – форсунки, так как эти способы распыливания нашли наибольшее применение во всех отраслях промышленности, в том числе и нефтегазовой.

Гидравлическое распыливание происходит за счет преобразования потенциальной энергии жидкости в кинетическую

энергию струи или пленки, расходуемую на преодоление сил поверхностного сопротивления при образовании капель. Гидравлическое распыливание наиболее широко распространено ввиду своей экономичности и сравнительной простоты реализации. Для реализации гидравлического распыливания применяются струйные и центробежные форсунки.

Струйные форсунки представляют собой насадку с цилиндрическим или щелевым отверстием (рис. 1а). В современной технике самым распространенным видом струйных форсунок являются дизельные форсунки, имеющие сопла около 0,2 мм и менее, требующие перепада давления при впрыске 40–65 МПа, для обеспечения качественного распыливания.

Центробежные форсунки, в отличие от струйных, имеют камеру закручивания, в которую подается жидкость по входным каналам (от двух и более), которые выполнены по касательной к образующей камеры закручивания (рис. 1б). В камере закручивания жидкость приобретает вращательное движение и плавно переходит к сопловому отверстию. Благодаря центробежным силам жидкость принимает форму пустотелого цилиндра с определенной толщиной стенки, зависящей от геометрических размеров распылителя, от режима работы форсунки и физических свойств жидкости. При выходе из сопла жидкость приобретает форму пологого конуса, толщина стенки которого по мере удаления от сопла уменьшается, и, достигая определенной критической минимальной величины, пленка начинает разрушаться на части с образованием ансамбля капелек различных размеров.

Центробежные форсунки по способу получения закрученного потока подразделяются на эвольвентные, шнековые и тангенциальные. Эвольвентные форсунки применяются для грубого распыливания значительных объемов жидкости. Применяется в системах водораспределения вентиляторных и башенных градирен. Шнековые форсунки используются в аппаратах химической промышленности, для впрыска ингибиторов гидратообразования перед теплообменными аппаратами газовых промыслов [2, 3]. Центробежные фор-

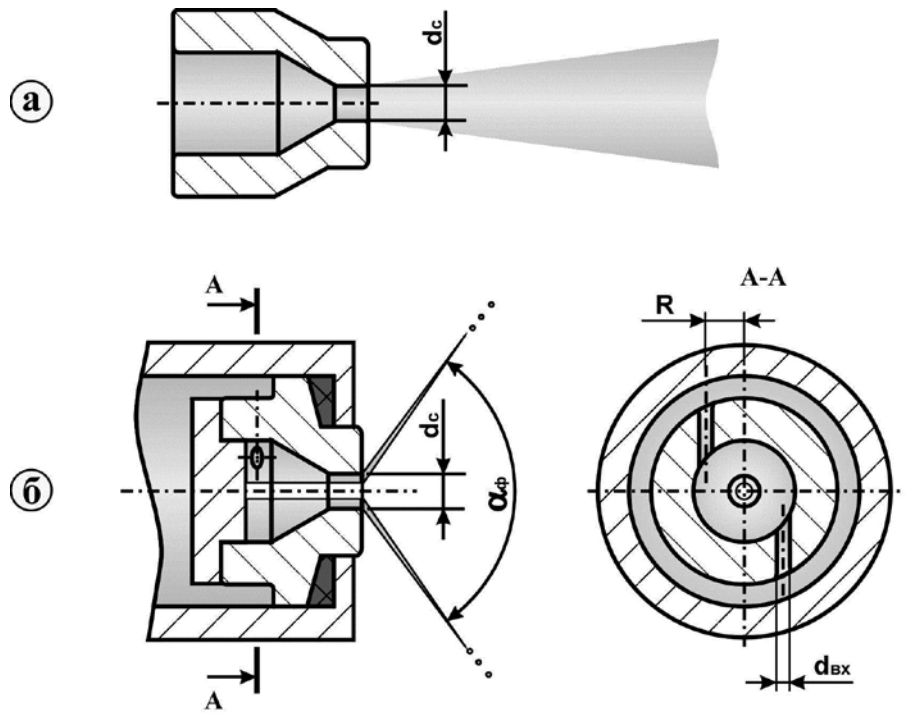


Рис. 1. Примеры форсунок, применяемых при гидравлическом способе распыливания: а) струйная форсунка, б) центробежная форсунка

сунки могут применяться как для грубого распыления топочного мазута, так и для качественного распыливания в воздушно-реактивных двигателях и при обработке ингибиторами объектов нефтяной и газовой промышленности. Качество гидравлического распыливания зависит от таких параметров, как геометрические размеры отверстий распылителя (d_c – диаметр сопла, $d_{вх}$ – входные каналы, R – радиус камеры закручивания) и перепада давления. При уменьшении геометрических размеров качество распыливания увеличивается, как и при увеличении перепада давления. Однако значительные уменьшения размеров и увеличения давлений могут повлечь за собой снижение надежности распыливающего оборудования. Поэтому на основании опытных данных были выявлены минимально допустимые значения диаметров отверстий распылителя и значения перепада давления. Пневматическое распыливание основано на использовании для образования мелких капель кинетической энергии газа, подаваемого в форсунку одновременно с жидкостью. К достоинствам пневматического способа относятся небольшая зависимость качества распыливания от расхода жидкости и возможность распыливания вязких жидкостей. К недостаткам относятся повышенный расход энергии на распыливание [1],

необходимость в подводе распыливающего агента и оборудования для его подачи.

Во многих работах по газодинамическому распыливанию отмечается, что наиболее эффективное воздействие на процесс дробления жидкости оказывает соотношение массовых расходов жидкости и газа, а также относительная скорость распыливающего газа. В газожидкостных форсунках обычно предусматривают сужение газового канала, для того чтобы создать в этом месте перепад давления газа и тем самым повысить скорость его истечения.

Пневматическое распыливание при небольшом расходе жидкости позволяет получить более тонкое распыливание, в отличие от других способов. При этом гидравлические каналы должны быть выполнены, например, по принципу центробежного распылителя, обеспечивающего пленочное истечение жидкости. Так как в этом случае жидкость, подаваемая тонким слоем, распыливается лучше, чем сплошная цилиндрическая струя [1]. Конструктивная схема такой газожидкостной форсунки приведена на рисунке 2.

Устройства для реализации пневматического распыливания называют газожидкостными или пневматическими форсунками. Они делятся на форсунки внешнего и внутреннего смеше-

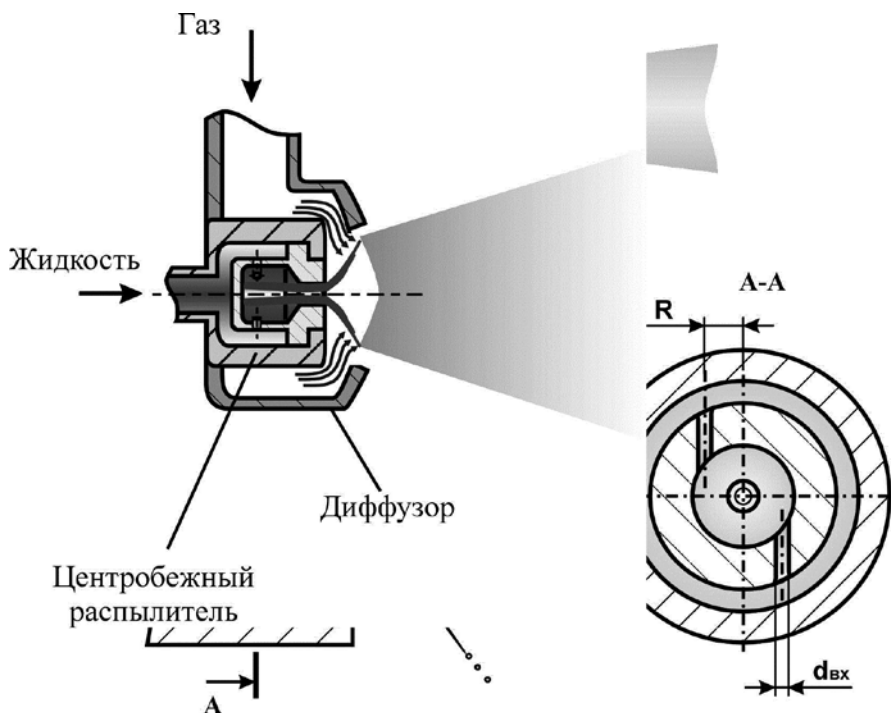


Рис. 2. Схема газожидкостной форсунки с пленочным истечением жидкости

ния. В форсунках внешнего смешения взаимодействие потоков происходит за пределами форсунки, в непосредственной близости от сопла. В форсунках внутреннего смешения потоки взаимодействуют внутри форсунки, а из сопла с высокой скоростью вытекает газожидкостная смесь, в которой образовавшиеся при внутреннем смешении первичные крупные капли дробятся не более мелкие.

Газожидкостные форсунки широко применяются в теплоэнергетике для сжигания тяжелых топлив, в машиностроении для нанесения лакокрасочных покрытий, а также для борьбы с процессами гидратообразования и коррозии, возникающих в процессе добычи и подготовки природного и попутного газов [5].

Газожидкостные форсунки целесообразно использовать в системах подготовки газа, имеющих точки с разными значениями давлений газа и позволяющих его переключение из области с более высоким в область с низким давлением. Примером таких систем являются установки комплексной подготовки газа (УКПГ) на месторождениях.

Другой областью применения газожидкостных форсунок в частности ингибиторной защиты от коррозии, где целесообразно их использование, являются факельные линии сероводородсодержащего или другого кислого газа. Обусловлено это тем, что при впрыске ингибитора с помощью любой форсунки необходимо подавать в факельную линию продувочный газ для обеспечения движения ингибиторного аэрозоля по

трубопроводам и устройствам линии. Этот газ целесообразно подавать через газовый канал газожидкостной форсунки, распыливая при этом ингибитор коррозии.

Как упоминалось выше, предпочтительней использовать газожидкостные форсунки с пленочным истечением жидкости, гидравлические каналы которых выполнены по принципу центробежного распылителя. Однако на промыслах используются форсунки и со струйным истечением [6]. Схема такой форсунки представлена на рисунке 3. Эта форсунка предназначена для ввода насыщенного диэтиленгликоля (НДЭГа) в прямоточное контактное устройство (труба Ду = 500 мм) перед фильтр-сепаратором на УКПГ Уренгойского ГКМ.

По принципу газожидкостной форсунки выполнен узел впрыска ГФ-1 (рис. 4), разработанный в РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, используемый для впрыскивания ингибиторов на факельных линиях. В узел впрыска входят корпус, форсуночный модуль, ответные фланцы, кольцо уплотнительное, крепеж. В состав форсуночного модуля входят форсунка ФХ-23, фильтр и вставка.

Форсунка ФХ-23 центробежного типа неразборной сварной конструкции из коррозионно-стойкой стали имеет корпус с двумя центрирующими поясками, в боковое отверстие которого варен распылитель, а центральное отверстие закрыто приварной заглушкой. Для обеспечения требуемого характера обтекания корпуса распыливающим газом на корпусе профрезерованы два канала. Распылитель форсунки имеет камеру закручивания с двумя тангенциальными входными каналами диаметром 1,8 мм (плечо закручивания составляет 2 мм), с одной стороны закрытую приваренной пробкой, а с другой стороны переходящую в сопло диаметром 2,5 мм. Во входное отверстие корпуса форсунки вставлен предохранительный фильтр, представляющий собой перфорированную трубку диаметром 6 мм с отверстиями 1,5 мм, заглушенную с одной стороны.

Узлы впрыска типа ГФ-1, которые выпускает ООО «Технология», успешно применяются для защиты факельных трубопроводов установок комплексной подготовки газа на Оренбургском ГКМ.

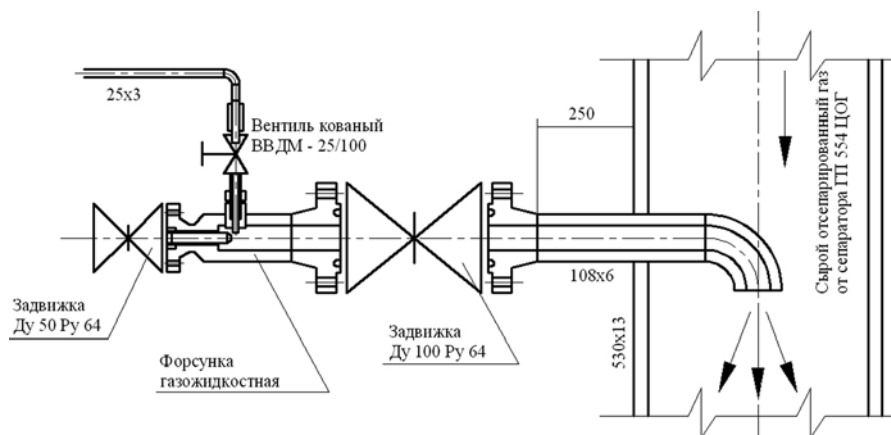


Рис. 3. Газожидкостная форсунка узла впрыска НДЭГа в газовый поток

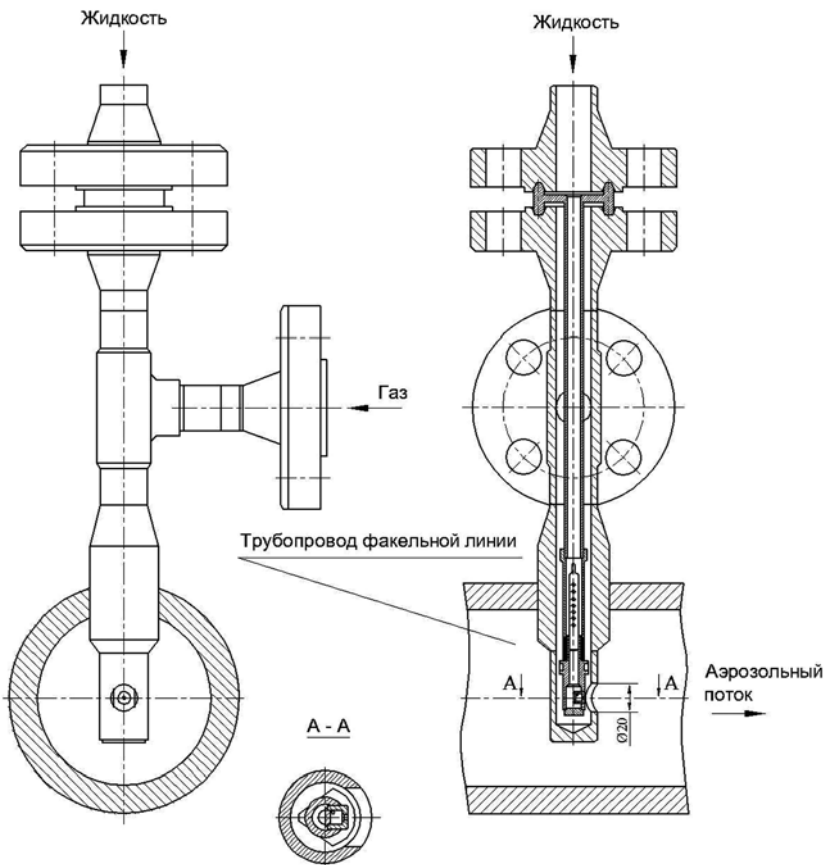


Рис. 4. Узел впрыска ГФ-1

Литература:

1. Пажу Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия, 1984, 256 с.
2. Кийко Е.К., Бырко В.Я., Карачун Ф.М. Система ввода ингибиторов гидратообразования и коррозии. – Газовая промышленность, 1972. – №7. – с. 11–13.
3. Саркисян Л.М., Черников С.Н. и др. Применение процесса распыливания ингибитора гидратообразования на установках НТС // Газовая промышленность. – 1973. – №6. – с. 16–18.
4. Ходырев А.И. Анализ конструкций форсунок, применяемых для ингибиторной защиты от коррозии газопромысловых объектов. – ИРЦ Газпром, 2002, 40 с.
5. Вальдберг А.Ю., Савицкая Н.М. и др. Форсуночный подвод жидкости в аппараты и системы очистки газов // Обз. Информ. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш. – 1990. – 28 с.
6. Ефимов Ю.Н. Результаты внедрения процесса двухступенчатой осушки газа // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2000. – №11. – с. 23–26.

Ключевые слова: газожидкостная форсунка, центробежная форсунка, форсунка, ингибирование, коррозия.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

КОПЕЙСКИЙ ЗАВОД ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ

НАНЕСЕНИЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ (ДВУХ- И ТРЕХСЛОЙНЫХ) НА ОСНОВЕ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА НАРУЖНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДИАМЕТРОМ ОТ 159 ДО 1420ММ.

НАНЕСЕНИЕ ЛАКОКРАСочНЫХ ПОКРЫТИЙ НА НАРУЖНУЮ И ВНУТРЕНнюю ПОВЕРХНОСТЬ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДИАМЕТРОМ ОТ 159 ДО 1420ММ. ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ И НАЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ В СООТВЕТСТВИИ С ПРОЕКТОМ ИЛИ ТРЕБОВАНИЯМИ ЗАКАЗЧИКА.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ГНУТЫХ ОТВОДОВ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ГНУТЫЯ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ДИАМЕТРОМ ОТ 219 ДО 1420ММ

ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ ТРУБ В СОБСТВЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ:

- НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЗК И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ПРОКАТА;
- СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕТАЛЛА;
- МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ;
- ГИДРОИСПЫТАНИЙ ТРУБ ДИАМЕТРОМ 720 И 1020 ММ.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРУБ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ:

- ОЧИСТКА ОТ НАРУЖНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ Б/У ГИДРОКЛИНЕРОМ;
- ВНУТРЕННЯЯ ОЧИСТКА ТРУБ Б/У;
- ВИЗУАЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ;
- МЕХАНИЧЕСКАЯ И ОГНЕВАЯ ТОРЦОВКА КОНЦОВ ТРУБ;
- РЕМОНТ КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ;
- НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ;
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СВАЙ ИЗ ТРУБЫ ДИАМЕТРОМ 159-1420 ММ, ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ И НЕЖИЛЫХ ПОМЩЕНИЙ, ДОРОЖНЫХ И ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, А ТАКЖЕ В КАЧЕСТВЕ ОПОР ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ, КАК В ГРУНТЕ, ТАК И В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ С ПОГРУЖЕНИЕМ В ВОДУ.

ВСЯ ПРОДУКЦИЯ ООО «КОПЕЙСКИЙ ЗАВОД ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ» СЕРТИФИЦИРОВАНА В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р ИСО 9001-2001 И СТО ГАЗПРОМ 9001-2001. ПРЕДПРИЯТИЕ ИМЕЕТ СЕРТИФИКАТ «ТРАНССЕРТ». ПРОИЗВОДСТВО НА ООО «КОПЕЙСКИЙ ЗАВОД ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ» ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ НА ОСНОВАНИИ ТУ, СОГЛАСОВАННЫХ ОАО «ВНИИСТ» И ООО «ВНИИГАЗ».

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ., Г. КОПЕЙСК, УЛ. МЕЧНИКОВА, 1
 ТЕЛЕФОН/ФАКС: (35139) 20-981, (35139) 20-982
 E-MAIL: KZIT@KZIT.RU WWW.KZIT.RU

КЭИТ
 КОПЕЙСКИЙ ЗАВОД
 ИЗОЛЯЦИИ ТРУБ

