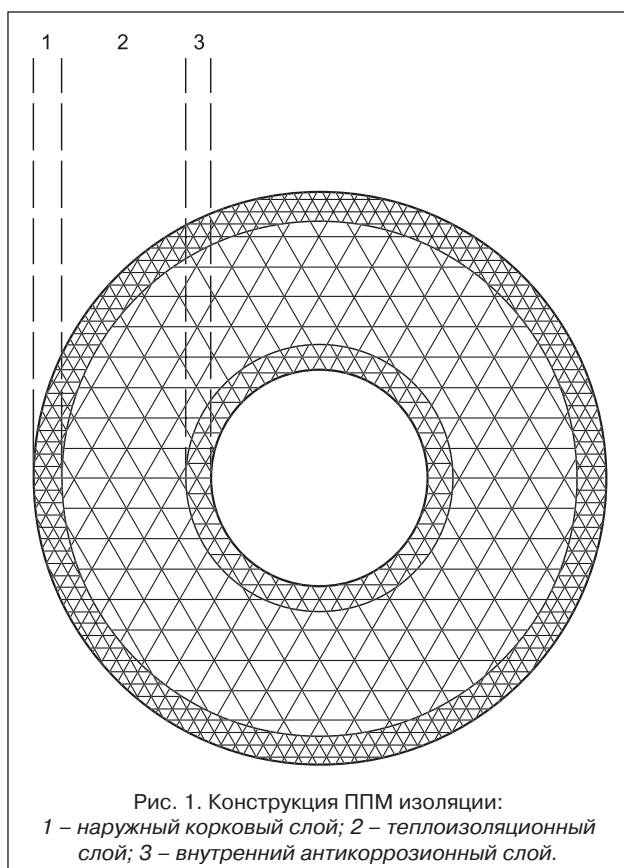


Сравнительный анализ ППУ и ППМ изоляции трубопроводов

В.П. Кашеев, консультант, заслуженный энергетик России,
к.т.н. В.А. Поляков, руководитель отдела развития, ЗАО «Мосфлоулайн», г. Москва
(публикуется в порядке обсуждения)

На страницах профильных журналов и конференциях продолжается дискуссия о двух применяемых в настоящее время технологиях прокладки тепловых сетей с использованием трубопроводов в заводской пенополиуретановой (ППУ) изоляции с защитной оболочкой и пенополимерминеральной (ППМ) изоляции. В ряде статей и интернет-сайтах производителей приводятся аргументы о предпочтительности ППМ изоляции, обладающей всеми положительными качествами ППУ изоляции, но имеющей ряд технологических особенностей. Хотелось бы продолжить дискуссию и проанализировать опубликованные данные.

Основу как ППУ изоляции, так и ППМ изоляции составляет пенополиуретан. В той и другой изоляции пена образует 3 слоя: внешний и внутренний корковые с большей плотностью, чем средний – теплоизоляционный. Разница – в количестве пены и разнице слоев по плотности. ППМ изоляция состоит на 90% из пены повышенной плотности и около 10% – наполнителя (по объему).



Основные достоинства ППМ, как это описывают его сторонники, – высокая механическая прочность, хорошие теплоизоляционные свойства (сопоставимый с ППУ коэффициент теплопроводности), паропроницаемость и низкое водопоглощение [2]. ППМ изоляция, имея более высокую механическую прочность, в то же время менее стойка к повреждениям, чем ППУ в полиэтиленовой (ПЭ) оболочке, что отмечается в статье [3], при этом делается вывод об одинаковой защищенности обоих типов изоляции от повреждений. И как подтверждение этого в технических условиях изготовителей требования к осторожному обращению с трубами ППМ аналогичны требованиям для труб ППУ. В руководящем документе завода «Пенополимер» 012.РД-001.000 этот раздел практически повторяет соответствующие разделы руководств производителей труб в ППУ изоляции.

Сравнение ППУ и ППМ по теплоизоляционным свойствам однозначно не в пользу ППМ. По данным [4] для ППУ коэффициент теплопроводности составляет 0,024-0,033 Вт/мК, а для ППМ – 0,044 Вт/мК. В ТУ изготовителей указываются величины 0,043-0,047 Вт/мК. В статье [3] – 0,041 Вт/мК. Сошлемся на статью [2], приведя рисунок, описывающий структуру ППМ (рис. 1). Как мы видим, значение 0,041 относится только к внутреннему теплоизоляционному слою. Но тепловые потери будут определяться также внутренним и внешним корковыми слоями, т.е. суммарной тепловой изоляцией. Для определения коэффициента теплопроводности корковых слоев обратимся к опубликованным данным. В статье [5] приводятся данные о теплоизоляционных свойствах ППМ при различной плотности. Учитывая влияние корковых слоев и используя данные, взятые из статей [2, 5], интегральный коэффициент для изоляции толщиной 45 мм составляет 0,044-0,047 Вт/мК. Это означает, что для одинаковой толщины тепловые потери ППМ изоляции будут как минимум в 1,5 раза больше, чем в ППУ. Как правильно указано в [3], тепловые потери определяются не только коэффициентом теплопроводности, но и толщиной изоляции. В случае ППМ для получения одинаковых тепловых потерь необходимо пропорционально увеличивать толщину изоляции. Однако, если посмотреть на толщины изоляции, указанные в ТУ заводов-изготовителей ППМ, то лишь на ди-

аметрах труб, меньших 100 мм, есть превышение толщин ППМ на 15-30% перед толщиной изоляции ППУ по ГОСТ 30732-2006, а начиная с диаметра 273 мм, толщина ППМ меньше толщины ППУ в среднем на 15%. Соответственно и тепловые потери в ППМ на средних и больших диаметрах будут значительно выше.

Следующее важное преимущество ППМ в изложении его сторонников – паропроницаемость и низкое водопоглощение [2, 3]. В статье [3] отмечается: «Водопоглощение при одних и тех же условиях у ППМ в 20 раз меньше, чем у ППУ. При таких значениях водопоглощения наличие гидроизоляционного слоя не требуется – вся конструкция целиком защищает материал изоляции и наружную поверхность трубы от проникновения влаги». Низкое водопоглощение нормируется в большинстве ТУ на ППМ на уровне не более 1,5% по массе или 0,5% по объему. Испытания на водопоглощение производились путем погружения образцов в воду на 24 часа при 20 °С. Паропроницаемость этой изоляции связывается с возможностью высыхания увлажненной ППМ изоляции [3]. Вопрос о высыхании в свое время был исследован в работе [6]. Эксперименты проводились в установке (см. рис. 2, взятый из работы [6]). Образцы ППМ плотностью 300 кг/куб.м, предварительно увлажненные до 12%, затем помещались в установку, где произ-

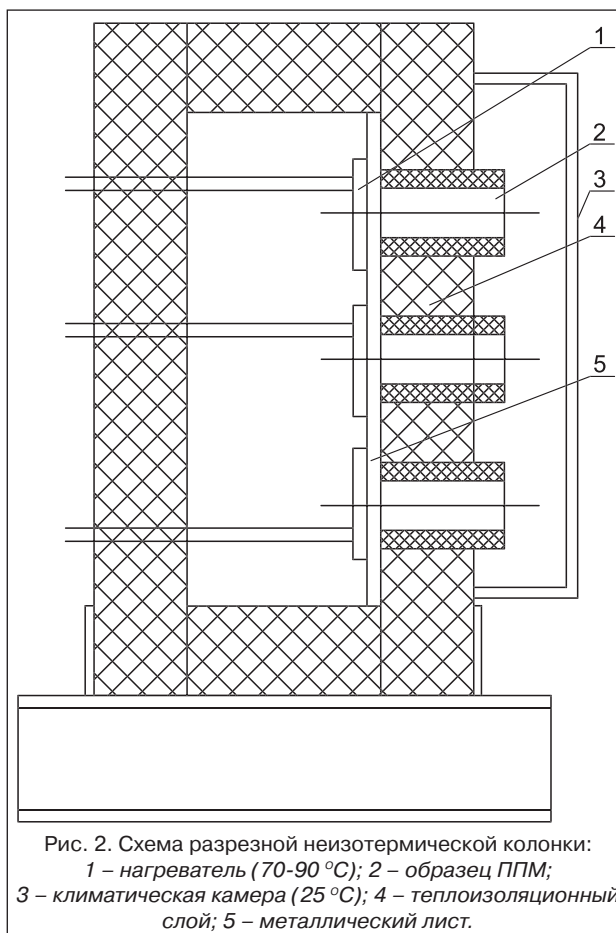


Рис. 2. Схема разрезной неизолированной колонки:
1 – нагреватель (70-90 °С); 2 – образец ППМ;
3 – климатическая камера (25 °С); 4 – теплоизоляционный слой; 5 – металлический лист.

МЫ НЕСЕМ ТЕПЛО!

125599, Москва, ул. Ижорская, д. 6 Тел. (495) 781 6767, 486 6767, 486 7172
Факс: (495) 486 2715 Для бесплатных междугородных звонков: +8 800 200 7701
E-mail: info@mosflowline.ru www.mosflowline.ru

Трубопроводы полной комплектации в ППУ изоляции для теплоснабжения, транспортировки нефти и газа во все регионы России.

ЗАО МосФлоулайн производит и поставляет:

Трубы и фасонные изделия в ППУ изоляции диаметром от 32 до 1420 мм в полиэтиленовой и оцинкованной оболочке.

Трубы с усиленной оболочкой для прохода в футлярах.

Запорную арматуру.

Стартовые компенсаторы.

Комплекты для изоляции стыков (мастичные и электросварные).

Элементы и приборы системы ОДК.

Изолированные трубопроводы из сшитого полиэтилена.

Фасонные изделия по специальному заказу.

Изолированные шаровые краны до диам. 800 мм.

Весь комплекс услуг:

Проектирование теплотрасс и систем ОДК.

Авторский надзор на строительной площадке.

Изоляция стыков трубопроводов на трассе.

Установка и наладка систем ОДК.

Проведение обучающих семинаров по принципам проектирования и технологиям строительства теплосетей бесканальной прокладки.

МОСФЛОУЛАЙН
MOSFLOWLINE



Рис. 3. Внешний вид экспериментальных участков труб в ППУ изоляции без внешней полиэтиленовой оболочки.

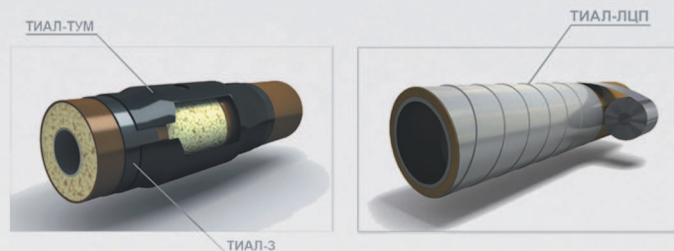
водился нагрев торцов образцов при $T=70-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (левых на рисунке), а противоположные торцы были обращены в климатическую камеру с температурой $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Через 6 суток достигалось снижение влажности до 1-3%. Результаты понятные, снижение влажности в образцах достигалось за счет диффузии водяных паров через объем образцов в климатическую камеру. Но условия, смоделированные в экспериментах, не имеют ничего общего с работой бесканальной тепловой сети во влажном грунте. Если влажность грунта выше влажности изоляции, то как будет происходить процесс высыхания? К этому можно добавить, что разводящие (вторичные) сети с мая по сентябрь отключены. То, что высыхания ППМ не происходит, подтверждает и информация, приведенная в статьях [2, 6]. В статье [2] приведена влажность образцов, взятых при обследовании теплосети Ду89 мм, находившейся в эксплуатации 6 лет в г. Рязань – 3,1%. В статье [6] приводятся данные по массовой влажности образцов ППМ, взятые из актов осмотра распределительных сетей в ППМ изоляции в Санкт-Петербурге – влажность среднего слоя составила 4,7% через 4 года эксплуатации, внешнего слоя – 11,5%, прилегающего к стальной трубе слоя – 3% при влагосодержании грунта 18%. Судя по этим результатам, гипотеза о высыхании ППМ изоляции в случае бесканальной прокладки не подтвердилась. Вообще, сам термин паропроницаемость относится к переносу водяных паров через теплоизоляционный материал за счет градиента концентрации (от большей к меньшей). Как может осуществляться этот перенос влаги из ППМ изоляции с меньшей концентрацией в грунт с большей влажностью, непонятно. Если сравнивать водопоглощение ППУ и ППМ, то ввиду похожей структуры (доля закрытых ячеек около 90%), эти величины должны быть сравнимы. Для сопоставления водопоглощения ППУ и ППМ по методике, указанной в ТУ на ППМ, нами были проведены соответствующие испытания

образцов ППУ изоляции и получены величины водопоглощения 0,5-1,1% (по объему) для плотности ППУ $110-75\text{ кг/м}^3$. В образцах ППМ, взятых из работающих теплотрасс [6], указывают на низкую влажность изоляции вблизи стальной трубы – 3% по массе и менее. Для иллюстрации того факта, что ППУ имеет сравнимое водопоглощение, можно сослаться на работу шведских ученых [7], которые для эксперимента на одной из теплотрасс Ду150/280 закопали 2 участка ППУ изоляции длиной по 1 м без внешней оболочки (см. рис. 3). После 4-х лет эксплуатации трассы в условиях высоких грунтовых вод (частый подъем воды выше уровня труб), влажность образцов, взятых около стальной трубы, не превысила 2% по массе. Мы видим, что свойство водопоглощения обоих видов изоляции имеет аналогичные величины и при отсутствии гидрозащитной оболочки имеет место постепенное увлажнение изоляции при бесканальной прокладке. Увлажнение ППМ изоляции с учетом срока службы (25-30 лет) приводит к росту коэффициента теплопроводности и, соответственно, тепловых потерь. Учет этого фактора по методике МДС 41-7.2004 [8] дает увеличение коэффициента теплопроводности для ППМ в конце срока службы на 16% по сравнению с начальной величиной. Очевидно, преимущества ППМ изоляции, связанные с паропроницаемостью и низким водопоглощением, сохранением теплоизолирующих свойств, очень сильно преувеличены.

В связи с намоканием ППМ изоляции необходимо обратить внимание на следующий аспект этой проблемы. При изоляции стыков на трубах в ППМ уязвимыми местами с точки зрения проникновения влаги к стальной трубе являются границы заводской изоляции и изоляции стыков. В ранее упомянутых шведских экспериментах с ППУ изоляцией было показано [7], что эта граница часто служит каналом быстрого переноса влаги к стальной трубе. Заливка стыков на трассе с ППМ изоляцией не может обеспечить необходимую монолитность и водонепроницаемость этой границы, а, значит, в этих местах влага может проникать к несущей трубе. В случае труб в ППУ изоляции проверка герметичности установки муфт при изоляции стыков является обязательным требованием в соответствии с п. 4.22 ГОСТ 30732-2006.

К достоинствам ППМ изоляции относят простоту монтажа и ремонтпригодность. Если обратиться к РД завода «Пенополимер», набор работ и условия монтажа практически одинаковые для ППМ и ППУ изоляции за некоторым исключением. Монтаж стыковых соединений представляется более сложным и с большими ограничениями, чем на трубах с ППУ изоляцией – при температуре ниже $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ следует прогреть опалубку до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, смешивание 3-х компонентов

Термоусаживающиеся Изоляционные Материалы



Термоусаживающаяся неразъемная радиационно-модифицированная муфта ТИАЛ-ТУМ предназначена для изоляции стыков теплоизолированных трубопроводов в полиэтиленовой оболочке.

Термоусаживающаяся лента ТИАЛ-ЛЦП предназначена для защиты теплоизоляционного слоя тепловых труб при наземной прокладке.



Муфта ТИАЛ-ТУМ производится из полиэтилена методом экструзии и последующего продольного растяжения с целью создания эффекта термоусадки, т.е. восстановления первоначальных геометрических размеров при нагревании до определенной температуры. Для предотвращения коробления при воздействии температуры, и для придания особой механической прочности муфта проходит процесс радиационно-химической модификации (сшивки).

Единая структура муфты позволяет выполнить гидроизоляцию, отвечающую самым строгим требованиям, достаточно простым способом, не требующим высокой квалификации специалистов. Единая структура исключает необходимость дополнительного нанесения боковых охранных гидроизоляционных манжет.

Теплоизоляцию трубы можно обеспечить скорлупами или напылением ППУ, минеральной ваты и прочими теплоизоляционными материалами, а затем провести гидроизоляцию лентой ТИАЛ-ЛЦП.

ТИАЛ-ЛЦП обладает уникальным свойством затухания при вынесении из огня, что подтверждает сертификат пожарной безопасности. Применение такого материала при наземной прокладке трубопровода позволяет защитить теплоизоляционный слой не только от ультрафиолетового излучения, воды и других внешних воздействий, но и от открытого огня, образовавшегося вследствие возгорания сухой травы или умышленного поджога.

ручной дрелью занимает время, большее чем перемешивание двух компонентов ППУ. Удаление ППМ изоляции на торцах труб (как указано в инструкции завода «Пенополимер») представляется трудоемкой задачей ввиду прочности ППМ и не упрощает изоляцию стыковых соединений. При сравнении ППМ и ППУ часто указывается более высокая ремонтопригодность ППМ – замена 0,5 м изоляции ППМ вместо замены целой трубы 10 м в ППУ изоляции. На практике имеющийся опыт строительства тепловых сетей в ППУ изоляции показывает, что ремонт повреждений определяется характером и размерами повреждений и может носить как косметический характер (ремонт малых повреждений оболочки и изоляции), так и предусматривать замену изоляции протяженных участков в случае ее намокания или обширных повреждений. В любом случае ремонта критерий объема – это удаление поврежденной (намокшей) изоляции и восстановление целостности оболочки с обеспечением параметров, требуемых нормативными документами.

К одному из «достоинств» труб в ППМ изоляции его сторонники относят отсутствие системы дистанционного контроля. В статье [3] приводится интересная аргументация – «наличие систем контроля – это не достоинство труб ППУ, а необходимость из-за герметичности внешней оболочки». А в трубах с ППМ «влага из изоляции удаляется задолго до разрушения материала и контроль за увлажнением не требуется». Как происходит «высыхание» изоляции, мы уже выше рассматривали – практика подтвердила, что увлажнение ППМ имеет место, но оно происходит бесконтрольно. Влага из грунта, сетевая вода из возможных дефектов в стальных трубах и сварных швах проникают в изоляцию, ухудшают ее теплоизоляционные свойства и могут со временем вызывать коррозию несущей трубы и серьезные утечки. Опыт показал, что именно бесконтрольность работы тепловых сетей при традиционных типах изоляции приводит к многочисленным авариям с тяжелыми последствиями и к серьезным экономическим потерям, в т.ч. и на трубопроводах в армопенобетоне, предыдущем аналоге ППМ изоляции. В трубах в ППУ изоляции появление даже малых утечек из трубы может быть обнаружено и выполнен ремонт на ранней стадии. Применяемая в трубах с ППУ изоляцией система контроля основана на простых физических принципах (измерение электрического сопротивления между сигнальным проводником и стальной трубой) и использует приборы широкого применения, в ее работе несложно разобраться любому специалисту КиПа. Стоимость системы не превышает единиц процентов от стоимости изолированных трубопроводов. В России в настоящее время накоплен значительный опыт эксплуатации систем контроля [9]. Именно эта система резко повышает надежность работы тепловых сетей, своевременно сигнализируя о появлении повреж-

дений, особенно при использовании в варианте с диспетчеризацией. Благодаря наличию системы контроля эксплуатирующая организация имеет также информацию о качестве труб, их монтажа и изоляции стыков, чего нет в ППМ изоляции. Реальная статистика, полученная при 15-летней эксплуатации магистральных сетей Москвы в ППУ изоляции с системой контроля, свидетельствует о снижении повреждаемости стального трубопровода более, чем в 20 раз по сравнению с канальной прокладкой того же срока службы [9, 10].

Часто к преимуществам труб в ППМ изоляции относят их меньшую стоимость по сравнению с ППУ. При этом не говорится о том, что для получения необходимой плотности требуется в 2 раза больше компонентов пены, чем для ППУ изоляции. Учитывая, что доля ПЭ оболочки в стоимости материалов менее 50%, нетрудно понять, что ППМ изоляция не может быть дешевле ППУ. В [3] сделан вывод о практически одинаковой стоимости строительства теплосетей для обоих видов изоляции. Необходимо отметить, что эти оценки сделаны для толщин ППМ изоляции, которые имеют большие тепловые потери по сравнению с ППУ изоляцией и требуют больших эксплуатационных расходов.

При выборе того или иного типа изоляции теплоснабжающая компания, исходя из целей обеспечения надежности и экономичности теплоснабжения, должна ориентироваться на такие критерии, как теплоизоляционные показатели и их изменение в процессе эксплуатации, появление повреждений трубопровода и изоляции и их своевременное обнаружение и устранение. Вышеприведенный анализ показывает, что с этих точек зрения трубы в ППМ изоляции трудно рассматривать как эффективную и перспективную технологию, которая может обеспечить реальное энергосбережение и надежность эксплуатации тепловых сетей, особенно в случае бесканальной прокладки.

Литература

1. Умеркин Г.Х. Конструкция теплопроводов в пенополимерминеральной изоляции. // *Новости теплоснабжения* № 4 (апрель) 2001 г., с. 18-19.
2. Мишин М.Е. Трубы в ППМ изоляции – современный способ строительства тепловых сетей. // *Новости теплоснабжения* № 3 (март) 2010 г., с. 34-37.
3. Силаев Д.А. ППУ и ППМ изоляции. Взгляд с другой стороны. // *Новости теплоснабжения* № 7 (июль) 2009 г., с. 32-36.
4. Новиков И.Е. Особенности прокладки трубопроводов тепловых сетей в России – сегодняшние тенденции в повышении надежности теплоснабжения. // *Новости теплоснабжения* № 6 (июнь) 2011 г., с. 42-45.
5. Мишина А.М., Кулешов А.С., Силаев Д.А. Теплоизоляционные свойства пенополимерминеральной изоляции. // *Новости теплоснабжения* № 6 (июнь) 2008 г., с. 45.
6. Умеркин Г.Х. Исследование процессов высыхания пенополимерминеральной теплогидроизоляции. // *Новости теплоснабжения* № 11 (ноябрь) 2005 г., с. 45-46.
7. Sallberg S.-E., Nilsson S., Bergstrom G. Leakage ways for ground-water in PUR-foam. 10th Intern. Symposium on District Heating and Cooling 3-5 Sept. 2006, Hannover, Germany.
8. Методика оценки влияния влажности на эффективность тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. МДС 41-7.2004.
9. Кашинский В.И., Липовских В.М., Ротмистров Я.Г. Опыт эксплуатации трубопроводов в пенополиуретановой изоляции в ОАО «Московская теплосетевая компания». // *Теплоэнергетика*, № 7 2007, с. 28-30.
10. Поляков В.А. Трубопроводы с ППУ: надежно и экономично. // *Коммунальный комплекс России*, № 3-4 (57-58) 2009, с. 56-58.

Комментарий к статье Ю.В. Ярового, члена редколлегии журнала «НТ», вице-президента НП «Российское теплоснабжение»:

Очевидно, что споры по поводу предпочтения ППУ или ППМ изоляции трубопроводов будут продолжаться еще долго. Но эти споры ведутся на основе данных испытаний образцов в лабораторных условиях и теоретических умозаключений. На практике картина может быть совершенно иной. Качество заводского изготовления теплопроводов как в ППУ, так и в ППМ изоляции может быть и хорошим и плохим. То же относится и к качеству монтажа. Однако, трудоемкость и степень сложности монтажа разные. Имеет значение и необходимость (отсутствие необходимости) в системе ОДК. По-видимому, с учетом этих обстоятельств, теплоснабжающие организации все чаще предпочитают ППМ изоляцию, но, правда, не по всем диаметрам.

По нашим наблюдениям в теплоснабжающих организациях на сегодня сложилась следующая практика: магистральные сети укладываются в ППУ изоляции, а распределительные сети – в ППМ изоляции.

Жизнь со временем все расставит по своим местам.