

# Вспененные полимерные композиты — эффективные материалы для ресурсосберегающих технологий

Повышение надежности и долговечности систем транспорта тепла является важнейшей экономической задачей при проектировании и монтаже инженерных систем продуктопроводов. Решение этой задачи неразрывно связано с проблемами сохранения энергии в системах теплоснабжения и горячей воды.



Increase of reliability and durability of heat transportation systems is the major economic problem at designing and installation of engineering systems of product pipelines. The decision of this problem inseparably associated with the problems of energy conservation in systems of a heat supply and hot water.

Общие потери тепла в системах теплоснабжения по официальным источникам составляют около 20% от отпускаемого тепла, хотя реально эта цифра значительно выше, в то же время аналогичный показатель в странах Западной Европы не превышает 5%.

Это связано с существенным отставанием от передовых зарубежных стран технического уровня теплосберегающих материалов. До сих пор в качестве основного теплоизоляционного материала используется минеральная вата, коэффициент теплопроводности которой составляет не менее 0,045 Вт/(м·К). Однако это значение коэффициента теплопроводности выдерживается только при идеальных условиях монтажа и эксплуатации

теплопроводов. В реальных условиях минеральная вата увлажняется, что приводит к значительному снижению ее теплоизоляционных свойств и созданию благоприятных условий для интенсивной наружной коррозии трубопроводов.

Минеральная вата и изделия из нее в силу своих низких физико-механических и тепло-физических характеристик не позволяют получить эффективную и качественную тепловую изоляцию трубопроводов, что приводит к большим потерям тепловой энергии. Многолетний опыт эксплуатации существующих минераловатных теплоизоляционных конструкций инженерных тепловых сетей показал их низкую экономичность и надежность. Средний срок службы такой изоляции из минеральной ваты не превышает 5–10 лет. Основные недостатки минераловатной теплоизоляции: высо-

кий коэффициент теплопроводности; большой вес материала; высокая паро- и влагопроницаемость; намокание, образование конденсата при попадании паров влажного воздуха в объем; значительный уровень теплопотерь и т.д.



Вспененные полимерные материалы обладают высокими теплоизолирующими свойствами, в особенности это касается композитов из пенополиуретана.

Одним из вариантов технологического процесса получения изделий из газонаполненных полимеров является мономерно-олигомерный метод, заключающийся в смешении и подаче реагирующих компонентов с помощью специализированных смесительно-дозировочных устройств в формуемое устройство. Получение изделия начинается непосредственно после смешения реакционноспособных компонентов, инициирующего серию сложных параллельных и последовательных химических реакций, обуславливающих изменение вязкоупругих свойств реакционной системы за счет роста полимерных молекул. Происходящее наряду с этим газообразование вызы-

вает непрерывное увеличение объема композиции и формирование ячеистой структуры вспененного полимера.

Для рационального управления процессом изготовления вспененного композита, обеспечения оптимальных технологических режимов и получения

изделий с требуемыми эксплуатационными свойствами авторы изучили механизм и кинетику перехода исходных олигомеров в газонаполненный полимер.

Системный молекулярно-структурный анализ физико-химических превращений мономеров в полимеры позволил выявить основные фрагменты образующихся на различных стадиях продуктов и установить общие закономерности влияния структуры на определенные свойства материалов. Ста-

бильность свойств и качество изделий достигается постоянством свойств компонентов, воспроизводимостью технологических параметров в каждом цикле, точным поддержанием заданного соотношения компонентов, требуемой интенсивностью смешения компонентов в смесительном устройстве. Обеспечение этих требований осуществля-



ется с помощью разработанного специализированного оборудования.

В НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ разработаны специализированное оборудование и технологический процесс производства теплоизоляционных изделий из пенополиуретана — полуцилиндров, отводов, тройниковых ответвлений, сборно-разборных конструкций для запорно-регулирующей аппаратуры. Теплоизоляционные изделия из пенополиуретана (ППУ) применяются для теплоизоляции газо- и нефтепроводов, трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, инженерных сетей химических и нефтехимических производств, цистерн, хранилищ, емкостей и других промышленных объектов, оборудования рефрижераторной и криогенной техники в диапазоне температур от  $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Изделия из пенополиуретана обладают уникальным сочетанием теплосберегающих, физико-механических и эксплуатационных характеристик и являются наиболее эффективными материалами из всех, применяемых в настоящее время.

На рисунке 1 представлено сравнение теплозащитных свойств пенополиуретановых композитов (ППУ) с другими материалами. Ниже сопоставлены физико-механические и эксплуатационные свойства пенополиуретановых композитов и минеральной ваты.

**Теплоизоляционные свойства.** Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  ( $\text{Вт/м }^{\circ}\text{C}$ ) при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ :

- пенополиуретана при кажущейся плотности  $50\text{--}60\text{ кг/м}^3$  составляет  $0,020\text{--}0,027\text{ кг/м}^3$ ;
- изделий из жесткой минеральной ваты при плотности  $60\text{--}100\text{ кг/м}^3$  составляет  $0,040\text{--}0,07$  (в сухом состоянии).

Коэффициент теплопроводности пенополиуретана при повышении температуры теплоносителя до  $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$  практически не изменяется,

у минеральной ваты в сухом состоянии при таких же условиях коэффициент теплопроводности увеличивается почти в 1,5 раза.

Для получения равного термического сопротивления изоляционной конструкции толщина слоя минеральной ваты должна быть в 1,5–2 раза выше. Вес утеплителя на единицу площади изоляции у минеральной ваты в 1,5–2 раза больше, чем у пенополиуретана.

**Водопоглощение.** Композит из пенополиуретана содержит не менее 90–95% закрытых пор, что обуславливает очень низкое водопоглощение, не превышающее более 3% объема.

Водопоглощение для теплоизоляционных изделий из минеральной ваты (для плит на синтетическом связующем и вертикально-слоистых) до кажущейся плотности  $175\text{ кг/м}^3$  не нормируется, т.е. превышает 30%, а для марки 200 составляет 30%. Высокое водопоглощение минеральной ваты значительно снижает теплоизоляционные, физико-механические свойства ваты



как утеплителя, а через несколько лет эксплуатации способность сохранения тепловой энергии у минеральной ваты практически исчезает.

**Прочностные свойства.** Физико-механические показатели (прочность на сжатие, изгиб, растяжение) пенополиуретана в 15–20 раз превосходят показатели изделий из минеральной ваты. Изделия из пенополиуретана сохраняют свои геометрические размеры без изменения физико-механических свойств, изделия из минеральной ваты имеют нормированную ГОСТами сжимаемость (уменьшение толщины) от 5 до 40%. Через 3–4 года эксплуатации толщина слоя минеральной ваты на верхней поверхности трубы может умень-



шиться в 1,5–2 раза. В нижней части трубы изоляция из минваты провисает.

**Термостойкость.** Изделия из пенополиуретана работоспособны в диапазоне температур  $-190\text{--}+150\text{ }^{\circ}\text{C}$  (некоторые марки  $-190\text{--}+180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Химическая и биологическая устойчивость.** Вспененный пенополиуретановый композит устойчив к действию растворителей, нефтепродуктов, минеральных масел, разбавленных кислот и щелочей, промышленных газов и атмосферы. Пенополиуретан химически нейтрален и не содержит коррозионноактивных веществ, минеральная вата при насыщении водой дает щелочную реакцию, что приводит к ускоренной коррозии трубы.

Пенополиуретан устойчив к грибкам и микробам, не подвержен разложению и гниению, физиологически безвреден, не токсичен. В качестве связующего в минеральной вате применяются фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные, меламиноформальдегидные смолы, которые в процессе эксплуатации разрушаются, выделяя в окружающую среду токсичные вещества.

Пенополиуретан имеет гарантированный срок службы 25 лет без изменения теплофизических и прочностных характеристик. Потери тепловой энергии при использовании пенополиуретана уменьшаются в 2–3 раза по сравнению с теплотрассами, изолированными минеральной ватой, что приводит к снижению расхода топлива при постоянном уровне потребления тепловой энергии.

*М. А. Ксенофонтов,  
В. С. Васильева,  
Д. В. Коваленок*

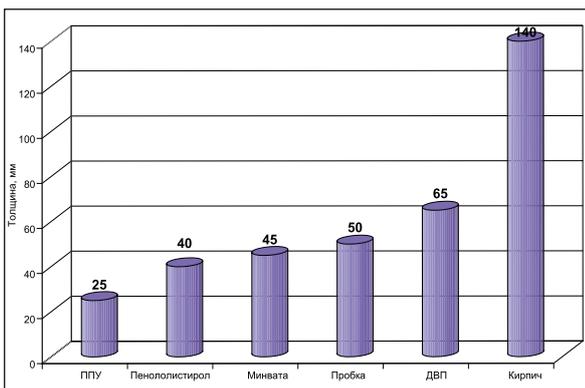


Рисунок 1. Толщина изоляционного слоя различных материалов для получения эквивалентного теплового сопротивления