

## ПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ ГЕНЕРИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ

*Князев А.Н., Москва*

В современной промышленности все более популярным становится применение технологических трубопроводов, изготовленных из различных полимеров. Данный факт обусловлен неоспоримыми преимуществами пластиков по отношению к традиционно используемым материалам по целому ряду свойств. В первую очередь это:

- высокое сопротивление химически агрессивным средам
- отсутствие коррозии и отложений на стенках, влияющих на чистоту транспортируемых жидкостей
- долгий срок службы
- малый вес и простота монтажа
- отсутствие затрат на обслуживание
- сравнительно низкая цена.

Широкое применение пластиковые трубопроводы находят и в процессах водоподготовки генерирующих станций. Деминерализованная и деионизированная вода, кислотные растворы и концентрированная серная кислота – основные среды, транспортируемые по пластиковым трубопроводам в цехах ХВО станций. Традиционно используемые ранее для этих целей металлические трубы вызывали массу нареканий в отношении их коррозионных свойств и загрязнения среды, а также недолгого срока службы, особенно при применении на слабокислых растворах. В то же время качественная металлическая запорно-регулирующая арматура доступна на рынке по ценам в 2,5-3 раза превышающих стоимость пластиковой арматуры аналогичного уровня качества.

Таким образом, интерес к трубам и арматуре из полимеров закономерно продолжает расти, и при строительстве новых мощностей и модернизации уже существующих технологических трубопроводов предприятия учитывают уже имеющийся опыт и стараются найти новые способы, позволяющие минимизировать будущие затраты и избавиться от ряда старых проблем.

В данной статье мы хотели бы познакомить заинтересованных специалистов с основными критериями выбора различных видов полимеров как материала проектируемых трубопроводов, а также с особенностями применения основных видов полимерной запорно-регулирующей арматуры.

Существует шесть основных видов полимеров, используемых для производства трубопроводного оборудования:

- Полиэтилен (лат. аббр. PE)
- Поливинилхлорид (UPVC)
- Акрилонитрил-бутадиен-стирол (ABS)
- Хлорированный поливинилхлорид (PVCC)
- Полипропилен (PP)
- Поливинилиденфторид (PVDF).

Все они имеют различный набор свойств и различную стоимость. Характеристики полимеров как сырья для производства трубопроводного оборудования промышленного назначения определены нормами ISO, которые во многом отличаются от норм, предусмотренных для полимеров, используемых в других областях применения. Дело в том, что вышеперечисленные полимеры в различных модификациях могут использоваться и в производстве наружных трубопроводов, и трубопроводов, предназначенных для строительства инженерных сетей зданий, - продукции, доступной на строительном рынке. Однако здесь и далее мы будем рассматривать особенности применения полимерных трубопроводов промышленного назначения с их частными характеристиками, особым ресурсом надежности и собственной номенклатурой арматуры и фитингов, предназначенных специально для технологических целей.

При выборе материала проектируемого трубопровода рассматривается следующая совокупность параметров эксплуатации трубопроводной системы:

- Тип транспортируемой среды, ее концентрация
- Диапазон температур
- Максимальное рабочее давление
- Эксплуатация внутри/снаружи помещения.

### Тип и концентрация транспортируемой среды

Различные полимеры в большинстве случаев обладают разной химической стойкостью по отношению к одним и тем же средам, поэтому при подборе материала трубопровода рекомендуется обращаться к данным таблиц химической стойкости полимеров. Таблицы химстойкости отражают степень устойчивости полимеров к вступлению в реакцию с различными химическими соединениями с учетом сочетания степени концентрации этих соединений и величины рассматриваемых температур:

Табл. 1

Name	Identify	Formula	Concentration %	Temp. °C	UPVC	PE 100	PP	PVDF	PVCC	NBR	EPDM	FPM	PTFE
WATER, DEMINERALIZATE		H2O	100	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
WATER, DEMINERALIZATE		H2O	100	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1
WATER, DEMINERALIZATE		H2O	100	60	1	1	1	1	1	1	1	1	1
WATER, DEMINERALIZATE		H2O	100	80	1	1	1	1	1	1	1	1	1
WATER, DEMINERALIZATE		H2O	100	100	1	1	1	1	1	1	1	1	1
WATER, DEMINERALIZATE		H2O	100	120	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	10	20	1	1	1	1	1	2	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	10	40	1	1	1	1	1	2	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	10	60	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	10	80	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	10	100	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	10	120	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	50	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	50	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	50	60	2	1	2	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	50	80	1	1	2	1	1	1	2	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	50	100	1	1	2	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	50	120	1	1	2	1	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	80	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	80	40	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	80	60	2	2	2	1	2	1	2	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	80	80	1	1	2	1	2	1	2	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	80	100	1	1	2	2	2	1	2	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	80	120	1	1	2	2	2	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	20	1	2	2	1	1	1	2	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	40	2	2	1	1	1	1	2	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	60	2	1	1	1	2	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	80	1	1	1	2	1	1	2	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	100	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	120	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	20	1	1	1	1	1	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	40	2	2	1	1	1	1	2	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	60	2	1	1	1	2	1	1	1	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	80	1	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	100	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	90	120	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	20	1	1	1	1	1	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	40	2	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	60	2	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	80	1	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	100	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	120	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	20	1	1	1	1	1	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	40	2	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	60	2	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	80	1	1	1	1	2	1	1	2	1
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	100	1	1	1	2	1	1	2	2	2
SULPHURIC ACID	AQ.SOL	H2SO4	96	120	1	1	1	2	1	1	2	2	2

В данной таблице

- индекс «1» свидетельствует об отсутствии какой-либо реакции между химическим соединением и рассматриваемым материалом трубопровода или уплотнения и подтверждает, таким образом, максимально возможный срок службы материала;
- индекс «2» отражает возможность возникновения слабой реакции, которая может ограничивать срок службы оборудования;
- индекс «3» говорит о наличии реакции, вызывающей активное разрушение материала и исключает возможность его применения в условиях взаимодействия с данной средой.

Табл. 2

	<i>Полиэтилен</i>	<i>ПВХ</i>	<i>ХПВХ</i>	<i>АБС-пластик</i>	<i>Полипропилен</i>	<i>ПВДФ</i>
Диапазон температур	-40 - +70 °С	0 – 60 °С	0 – 100 °С	-40 - +70 °С	0 – 95 °С	-40 - +140 °С
Максимальное давление/ Диаметры	10 бар*	16 бар 16 – 315мм	16 бар 16 – 160мм	15бар 16 – 315мм	10 бар 16 – 400мм	16 бар 16 – 110мм
Химстойкость, усредненно	**	***	****	***	****	*****
Способ соединения	сварка	склеивание	склеивание	склеивание	сварка	сварка
Основные преимущества	<ul style="list-style-type: none"> <li>Коррозийная стойкость ко всем видам грунтов</li> <li>Высокая механическая прочность (растяжение на разрыв от 350 до 800%) и эластичность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Огнестойкость</li> <li>Высокая абразивная стойкость</li> <li>Низкий коэффициент линейного расширения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Огнестойкость</li> <li>Высокая абразивная стойкость</li> <li>Самый низкий коэффициент термического расширения среди термопластико в (6,7x10<sup>-5</sup> m/m°C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лучшая ударная стойкость среди полимеров</li> <li>Стоек к смазочным маслам</li> <li>Низкий коэффициент гидравлического сопротивления</li> <li>Особая гладкость внутренней стенки трубы; подходит для деминерализованной воды. Используется как для жидкостей, так и для пневматических линий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Самый низкий удельный вес;</li> <li>Высокая ударная вязкость</li> <li>Лучшее соотношение химстойкость/цена</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Превосходная химическая стойкость и стойкость к гидролизу</li> <li>Стабильность физико-механических показателей в диапазоне -40°C - +120°C</li> <li>Радиационная стойкость и стойкость к УФ-излучению</li> <li>Лучшая абразивная стойкость среди полимеров</li> </ul>
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>Слабая химическая стойкость по сравнению с другими полимерами</li> <li>Самый большой коэффициент линейного расширения</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Высокий коэффициент линейного расширения</li> </ul>	

### Диапазон температур

Как следует из таблицы 2, полимеры имеют различные диапазоны допустимых температур применения, в пределах которых материал сохраняет свои свойства, в первую очередь физические. Кроме этого, необходимо учитывать, что изменение температуры эксплуатации системы вызывает эффект линейного расширения, что требует соблюдения норм расстояния между опорами при монтаже трубопроводов. Эти нормы приведены в Инструкции по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб СН 550-82, а также в различных справочных изданиях по монтажу полимерных трубопроводов.

### UPVC

Наружный диаметр труб	На вертикальных участках					На горизонтальных участках									
						при перепаде температуры									
Из ПВХ, мм	20°C		40°C		60°C	20 °С				40°C			60 °С		
	Тип труб														
	СЛ, С	Т, ОТ	СЛ, С	Т, ОТ	Т, ОТ	СЛ	С	Т	ОТ	СЛ	С	Т	ОТ	Т	ОТ
16	-	0,4	-	0,3	0,25	-	-	-	0,55	-	-	-	0,45	-	0,4
20	-	0,5	-	0,35	0,3	-	-	-	0,65	-	-	-	0,55	-	0,5
25	-	0,65	-	0,45	0,4	-	-	0,75	0,75	-	-	0,65	0,65	0,6	0,6
32	-	0,85	-	0,6	0,5	-	-	0,9	0,95	-	-	0,8	0,8	0,7	0,7
40	1,1	1,0	0,75	0,75	0,6	-	1,0	1,0	1,1	-	0,9	0,9	0,95	0,8	0,85
50	1,35	1,3	0,95	0,9	0,75	-	1,1	1,2	1,3	-	1,0	1,1	1,15	1,0	1,05
63	1,7	1,65	1,2	1,15	0,95	-	1,25	1,4	1,5	-	1,15	1,3	1,35	1,15	1,25
75	2,0	1,95	1,45	1,4	1,15	1,35	1,4	1,6	1,7	1,25	1,3	1,45	1,55	1,35	1,4
90	2,4	2,35	1,7	1,65	1,35	1,45	1,55	1,8	1,95	1,35	1,45	1,65	1,8	1,55	1,65
110	3,0	2,9	2,1	2,0	1,7	1,65	1,8	2,1	2,25	1,55	1,7	1,9	2,05	1,8	1,9
125	3,35	3,3	2,35	2,3	1,9	1,8	1,95	2,25	2,45	1,7	1,85	2,1	2,25	1,95	2,1
140	3,8	3,7	2,65	2,6	2,15	1,95	2,15	2,45	2,65	1,85	2,0	2,3	2,45	2,15	2,3
160	4,3	4,2	3,1	3,0	2,45	2,15	2,3	2,7	2,95	2,05	2,2	2,5	2,7	2,35	2,5

180	4,8	4,7	3,4	3,3	2,75	2,3	2,5	2,9	3,2	2,2	2,4	2,7	2,95	2,55	2,75
200	5,35	5,29	3,8	3,7	3,05	2,5	2,7	3,15	3,45	3,35	2,55	2,95	3,2	2,75	2,95
225	6,0	5,9	4,3	4,2	3,45	2,7	2,95	3,4	3,7	2,55	2,75	3,2	3,45	3,0	3,2
250	6,7	6,5	4,7	4,6	3,8	2,9	3,15	3,65	4,0	2,75	2,95	3,4	3,75	3,2	3,5
280	7,5	7,35	5,3	5,2	4,25	3,1	3,4	3,95	4,3	2,95	3,2	3,7	4,05	3,5	3,75
315	8,5	8,3	6,0	5,8	4,8	3,4	3,65	4,25	4,75	3,2	3,5	4,05	4,4	3,8	4,1
355	9,5	9,3	6,7	6,6	5,4	3,7	4,0	4,6	5,1	3,45	3,8	4,35	4,75	4,1	4,45
400	10,7	10,5	7,6	7,4	6,1	4,0	4,35	5,0	5,5	3,75	4,1	4,75	5,2	4,45	4,85
450	12,0	12,0	8,5	8,5	7,0	4,35	4,65	5,45	-	4,1	4,45	5,15	-	4,85	-

## PP

Наружный диаметр труб	На вертикальных участках						На горизонтальных участках								
	при перепаде температуры														
из	20 °С		40 °С		60 °С		20 °С			40 °С			60 °С		
ПП, мм	Тип труб														
	Л, С	Т	Л, С	Т	Л, С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т
32	0,65	0,60	0,45	0,40	0,35	0,35	-	-	0,65	-	-	0,55	-	-	0,5
40	0,80	0,75	0,55	0,50	0,45	0,40	-	-	0,75	-	-	0,65	-	-	0,6
50	0,95	0,90	0,70	0,65	0,55	0,50	-	0,8	0,9	-	0,7	0,8	-	0,65	0,7
63	1,20	1,15	0,85	0,80	0,70	0,65	-	0,95	1,05	-	0,85	0,95	-	0,75	0,85
75	1,45	1,35	1,00	0,95	0,85	0,80	-	1,05	1,2	-	0,95	1,05	-	0,85	0,95
90	1,70	1,65	1,20	1,15	1,00	0,95	-	1,2	1,35	-	1,1	1,2	-	1,0	1,1
110	2,10	2,00	1,50	1,40	1,20	1,15	1,1	1,4	1,55	1,0	1,25	1,4	0,95	1,15	1,25
125	2,40	2,30	1,70	1,60	1,40	1,30	1,2	1,5	1,7	1,1	1,4	1,55	1,0	1,25	1,4
140	2,70	2,55	1,90	1,80	1,55	1,50	1,3	1,65	1,85	1,2	1,5	1,65	1,1	1,35	1,5
160	3,10	2,90	2,20	2,10	1,80	1,70	1,4	1,8	2,0	1,3	1,65	1,85	1,2	1,5	1,65
180	3,45	3,30	2,45	2,30	2,00	1,90	1,55	1,95	2,2	1,4	1,8	2,0	1,3	1,65	1,8
200	3,90	3,65	2,70	2,60	2,20	2,10	1,65	2,1	2,35	1,5	1,95	2,15	1,4	1,75	2,0
225	4,30	-	3,10	-	2,50	-	1,80	2,25	-	1,65	2,1	-	1,5	1,9	-
250	4,80	-	3,40	-	2,80	-	1,9	2,45	-	1,75	2,25	-	1,65	2,05	-
280	5,40	-	3,80	-	3,10	-	2,1	2,6	-	1,9	2,45	-	1,75	2,2	-
315	6,00	-	4,30	-	3,50	-	2,35	2,85	-	2,1	2,65	-	1,9	2,4	-

## Максимальное рабочее давление

При эксплуатации полимерных трубопроводов обязательно принимается во внимание фактор влияния температуры транспортируемой среды на величину максимального рабочего давления. В диапазоне до около +35°C значение допустимых давлений соответствует заявленному PN, далее с увеличением температуры величина максимального рабочего давления снижается:



Данные значения должны быть учтены для обеспечения длительного срока службы трубопровода (50 лет и более). Тем не менее, возможны и другие значения соотношений температуры и давления в расчете на 50, 25, 10 и 5 лет эксплуатации; в частности эти данные содержатся непосредственно в каталогах производителя труб ПВХ.

### **Эксплуатация внутри/снаружи помещения**

Выпускаемые для промышленности трубопроводы из полимеров предполагают, в первую очередь, эксплуатацию внутри помещений. Тем не менее, наружная прокладка полимерных труб допускается. Для этого трубопроводы дополнительно защищают от воздействия негативного для полимеров (кроме PVDF) ультрафиолетового излучения с помощью слоя соответствующей изоляции. При этом трубы из ABS-пластика, вместо этого, достаточно просто окрасить белой глянцевой эмульсионной краской. Учитывая особую прочность ABS-пластика и широкий температурный диапазон применения, трубы из этого материала, как ни из какого другого, подходят для наружной прокладки.

При эксплуатации трубопроводов в условиях отрицательных температур следует учитывать, что замерзание транспортируемой жидкости в трубопроводных системах из полимеров также недопустимо, как и для металлических труб, поскольку ведет к разрушению трубопроводов. В связи с этим применение теплоизоляционного слоя или прокладка обогревающей трубы-спутника в необходимых для этого случаях неизбежны.

Говоря о применении хлорированного поливинилхлорида PVCC и поливинилхлорида PVC в условиях отрицательных температур, при понижении температуры до  $-25^{\circ}\text{C}$  трубопроводы из этих материалов вполне выдерживают свое номинальное давление (как правило 16 бар). Однако при такой эксплуатации пользователем должны быть исключены любые механические воздействия на трубопровод, ввиду возникающей при отрицательных температурах хрупкости этих материалов. Вследствие такой особенности этих полимеров производители трубопроводных систем не распространяют свои гарантии на их эксплуатацию в условиях минусовых температур.

### **Полимерная арматура**

В основе конструкции запорно-регулирующей арматуры из полимеров главным образом используются принципы работы традиционной металлической арматуры, модифицированные с учетом характерных свойств пластиков и индивидуального опыта разработок и задач, решаемых заводами-изготовителями. Как результат, пластиковая арматура обеспечивает не меньшую надежность по сравнению с металлическими аналогами, используемыми в аналогичных условиях, а зачастую и гораздо большую в силу отсутствия у полимеров коррозионных свойств.

Данные о сроке службы различных видов полимерной арматуры разных производителей как правило отличаются и зависят от конструктивных особенностей выпускаемого оборудования и качества исполнения. Срок службы запорной арматуры из полимеров определяется нормами EN ISO 16135 и EN ISO 16136, согласно которым количество рабочих циклов для клапанов должно составлять не менее 5 000 при максимальном давлении, на воде,  $t=20^{\circ}\text{C}$ .